



## **Maisterintutkielma**

**Matematiikan, fysiikan ja kemian opettajan maisteriohjelma**

**Fysiikan opettajan suuntautumisvaihtoehto**

# **LUKIO-OPISKELIJAN SUOMEN KIELEN TAITO FYSIIKAN TEHTÄVIEN RATKAISUISSA**

Nora Mekkid

5.3.2021

Ohjaajat: FM Saija Lehtonen ja professori Ismo Koponen  
Tarkastajat: dosentti Maija Nousiainen ja professori Ismo Koponen

Matematiikan, fysiikan ja kemian opettajan maisteriohjelma  
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta  
Helsingin yliopisto

Tiedekunta – Fakultet – Faculty		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree programme
Matemaattis-luonnontieteellinen		Fysiikan opettajan suuntautumisvaihtoehto
Tekijä – Författare – Author		
Nora Mekkid		
Työn nimi – Arbetets titel – Title		
LUKIO-OPISKELIJAN SUOMEN KIELEN TAITO FYSIIKAN TEHTÄVIEN RATKAISUISSA		
Työn laji – Arbetets art – Level	Aika – Datum – Month and year	Sivumäärä – Sidoantal – Number of pages
Maisterintutkielma	5.3.2021	56
Tiivistelmä – Referat – Abstract		
<p>Koulutuksellisen tasa-arvon nähdään toteutuvan, kun kenenkään taustaan liittyvät ominaisuudet, esimerkiksi sukupuoli, asuinpaikka tai äidinkieli eivät ennusta sitä, mihin koulutukseen kukin hakeutuu ja kuinka siinä menestyy. Vaikka suomalainen koululaitos on niittänyt kansainvälistäkin tunnustusta erinomaisilla oppimistuloksillaan ja menestyksellään PISA-testeissä, löytyy koulutuksellisen tasa-arvon suhteen puutteita myös tässä menestystarinassa. Itse asiassa juuri PISA-tulokset ovat osoittaneet, kuinka suomalainen koulutusjärjestelmä ei ole onnistunut tukemaan parhaalla mahdollisella tavalla maahanmuuttajataustaisten oppilaiden koulutusta. Vuoden 2018 PISA-testin mukaan kaikkien OECD-maiden eriarvoisimmat tulokset löytyivät Suomesta, kun verrattiin kantaväestön ja maahanmuuttajien tuloksia. Koska nimenomaan koululaitos nähdään maahanmuuttajataustaisten lasten ja nuorten ensisijaisena väylänä yhteiskuntaan integroitumisessa, on koulutukselliseen tasa-arvoon erityisen tärkeää kiinnittää huomiota nopeasti monikulttuuristuvassa yhteiskunnassa. Esimerkiksi kielitietoisuuden opetuksen voisi nähdä tarjoavan joitakin ratkaisuja aiheeseen.</p> <p>Vieraskieliseksi opiskelijaksi määritellään tässä tutkimuksessa jotain muuta kuin suomea, ruotsia tai saamea äidinkielenään puhuva henkilö. Vieraskielisten osuus väestöstä kasvaa jatkuvasti, ja yhä useampi vieraskielinen nuori valitsee peruskoulun jälkeen toisen asteen koulutukseksi lukiokoulutuksen. Kuitenkin vahvasti kirjalliseen osaamiseen perustuvan lukiokoulutuksen on ollut haasteellista vastata vieraskielisen opiskelijan kielitaitoon liittyviin erityispiirteisiin. Haasteita vieraskieliselle opiskelijalle asettaa esimerkiksi sisältöjen ja vieraan kielen samanaikainen opiskelu. Lisäksi minkä tahansa tieteenalan opiskelu vaatii kyseisen tieteenalan kielen oppimista. Tieteen kielellä on sen oma erityinen sanasto, semantiikka ja syntaksi, joiden hallinta on edellytyksenä itse tieteen hallinnalle. Opiskelija, joka siis tiedettä joutuu opiskelemaan itselleen vieraalla kielellä, on näin ollen ikään kuin kaksinkertaisen kieleen liittyvän haasteen edessä. Tämä väistämättä asettaa vieraskielisen opiskelijan epätasa-arvoiseen asemaan suomea äidinkielenään puhuvan opiskelijan rinnalla.</p> <p>Lukion oppitunnilla opiskelijalla on mahdollisuus päästä näyttämään osaamistaan monin eri tavoin. Usein arvioinnissa painottuu kuitenkin summatiivinen kurssikoe, jossa testataan ainoastaan opiskelijan kirjallista osaamista. Myös lukiokoulutuksen päättävissä ylioppilaskokeissa arvioinnin kohteena on nimenomaan opiskelijan kirjallinen osaaminen, joka välittyy erilaisiin tehtäviin annettujen kirjallisten vastausten kautta. Tämän tutkimuksen tavoitteena onkin selvittää, kuinka lukio-opiskelijan suomen kielen taito näkyy tehtäviin annetuissa kirjallisissa vastauksissa. Oppiaineista tämä tutkimus rajoittuu fysiikkaan, ja aineisto on kerätty Helsingin kielilukion ensimmäisen vuosikurssin fysiikan opiskelijoilta. Opiskelijat suorittivat FY2 Lämpö -kurssia, ja tutkimuksen aineistona toimiikin tämän kurssin oppikirjan tehtävät, opettajan antamat tuntitehtävät sekä opiskelijoiden vastaukset näihin tehtäviin. Tehtävien tehtävänannot luokiteltiin Andersonin ja Krathwohlin taksonomiataulun eri soluihin. Opiskelijoiden vastaukset luokiteltiin eri luokkiin niiden laadun perusteella. Suomen kielen taitoa tutkittiin vastauksissa esiintyneiden kielellisten virheiden ja oikein käytettyjen tieteellisten termien avulla. Andersonin ja Krathwohlin taksonomiataulun lisäksi teoreettista viitekehystä rakentaa kognitiivinen kuormitusteoria.</p> <p>Tutkimuksessa havaittiin, että opiskelijoiden tekemät tehtävät eivät kognitiiviselta vaatimustasoltaan olleet erityisen hankalia. Opiskelijoiden vastausten analyysin tulosten mukaan noin puolet opiskelijoiden vastauksista oli laadultaan rikkaita, mutta yli kolmasosa oli laadultaan heikkoja tai (esimerkiksi malliratkaisuista) kopioituja. Selkeästi suurin osa kopioituista vastauksista oli annettu paljon sanallista selitystä vaativiin tehtäviin. Tehtävätyypiltään rutiininomaisiin laskutehtäviin sekä yksinkertaisiin kuvaajien piirto- tai tulkitsemistehtäviin oli annettu eniten rikkaita vastauksia. Lisäksi kielellisten virheiden sekä oikein käytettyjen tieteellisten termien havaittiin korreloivan vastauksen laadun kanssa.</p>		
Avainsanat – Nyckelord – Keywords		
Koulutuksellinen tasa-arvo, kielitietoinen opetus, vieraskielisyys, lukio, tieteen kieli, taksonomiataulu, kognitiivinen kuormitusteoria		
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited		
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information		

## Sisällysluettelo

1.	Johdanto .....	1
1.1	Tutkimuksen rakenne .....	3
2.	Kulttuurillisesti monimuotoinen koululaitos .....	4
2.1	Maahanmuuttajataustainen lapsi ja nuori suomalaisessa koululaitoksessa .....	5
2.2	Koulutuksellinen tasa-arvo .....	8
3.	Tieteen kieli .....	11
3.1	Tieteen kielen oppimisen haasteet erityisesti vieraalla kielellä opiskelevan näkökulmasta....	13
4.	Tutkimuksen teoreettinen tausta .....	16
4.1	Bloomin taksonomia.....	16
4.2	Andersonin ja Krathwohlin uudistettu Bloomin taksonomia .....	17
4.2.1	Luonnontieteellisen tiedon luokittelu Andersonin ja Krathwohlin taksonomiataulussa ..	18
4.2.2	Luonnontieteellisen ajattelun luokittelu Andersonin ja Krathwohlin taksonomiataulussa .....	20
4.3	Kognitiivinen kuormitusteoria .....	23
5.	Tutkimuksen menetelmät .....	27
5.1	Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	27
5.2	Tutkimuksen aineisto ja sen analysointi.....	28
5.2.1	Tehtävien analysointi.....	28
5.2.2	Opiskelijoiden vastausten analysointi.....	29
6.	Tutkimustulokset.....	31
6.1	Opiskelijoiden ratkaisemien fysiikan tehtävien kognitiivinen vaatimustaso.....	31
6.2	Opiskelijoiden vastausten laatu ja kielellisten virheiden sekä oikein käytettyjen tieteellisten termien esiintyminen vastauksissa .....	32
6.3	Opiskelijan vastauksessa käyttämän kielen korreloiminen vastauksen laadun kanssa .....	34
7.	Johtopäätökset ja pohdintaa .....	40
7.1	Tutkimuskysymyksiin vastaaminen .....	40
7.2	Pohdintaa .....	42
7.3	Kielitietoinen opetus osaksi kulttuurillisesti monimuotoista koululaitosta .....	45
7.4	Luotettavuustarkastelu.....	47
	Lähteet .....	49
	Liitteet .....	54

# 1. Johdanto

Opetus- ja kulttuuriministeriön (2012) mukaan koulutuksellinen tasa-arvo muodostaa perustan suomalaiselle hyvinvoinnille. Koulutuksellisessa tasa-arvossa on pohjimmiltaan kysymys siitä, että kenenkään tausta ei ennustaisi sitä, mihin koulutukseen hakeutuu tai kuinka siinä menestyy. Jos esimerkiksi sukupuoli, asuinpaikalla tai äidinkielellä on vaikutusta lapsen tai nuoren koulutuspolkuun, ei koulutuksellinen tasa-arvo toteudu. Tällä hetkellä vahvasti kirjallista osaamista mittaavan lukiokoulutuksen on ollut haasteellista vastata esimerkiksi vieraskielisen opiskelijan kielitaitoon liittyviin erityispiirteisiin, ja siten koulutuksellisen tasa-arvon toteutumiseen. Vieraalla kielellä opiskelu onkin yhteiskunnallisesti erittäin tärkeä tutkimusaihe, esimerkiksi juuri koulutuksellisen tasa-arvon turvaamisen vuoksi (Saario, 2012).

Koululaitos on saanut hyvin keskeisen roolin muualta Suomeen muuttaneiden integroimisessa yhteiskuntaan (Holopainen, 2015). Maahanmuuttajataustaisten lasten ja nuorten koulutuspolkujen on kuitenkin todettu olevan suomalaistaustaisten lasten ja nuorten koulutuspolkuja työläämpi. Maahanmuuttajataustaisia lapsia ja nuoria siirtyy peruskoulusta toisen asteen koulutukseen ja sieltä edelleen jatko-opintoihin vähän suhteessa kantaväestöön. Lisäksi koulutuksen keskeyttäminen heidän kohdallaan on kantaväestöä yleisempää. (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2012) Koulutuksellisen tasa-arvon kannalta erityisesti maahanmuuttajataustaiset lapset ja nuoret näyttäisivät siis olevan muuta väestöä heikommassa asemassa.

Se, että vaikuttaako maahanmuuttajataustaisten lasten ja nuorten heikompaan koulumenestykseen heidän kielellinen takamatkansa vai sosiaalinen tausta ei ole täysin selvää (Muukkonen, 2018). Tässä tutkimuksessa tarkastellaan kuitenkin erityisesti kielen roolia oppimisessa opiskelijoiden sosiaalisen taustan sijaan. Tutkimuksen lähtökohtana toimii ajatus siitä, että opiskelija, joka vierasta tieteen kieltä joutuu opiskelemaan jollain muulla kielellä kuin omalla äidinkielellään on ikään kuin kaksinkertaisen haasteen edessä. Tutkimusnäyttöä löytyykin siitä, että maahanmuuttajataustaiselle oppilaalle juuri kielen ja sisältöjen yhtäaikainen opiskelu voi osoittautua erityisen hankalaksi (Saario, 2012).

Tutkimusnäyttöä on olemassa myös siitä, että opiskelua kielen ja kielen käytön kannalta olisi tärkeää tarkastella eri oppiaineiden näkökulmista (Saario, 2012). Suomessa vieraskielisen opiskelijan näkökulmasta tehtyä tarkastelua fysiikan opiskelusta ei ole juuri tutkittu, ja tämä tutkimus pyrkiiikin osaltaan paikkaamaan tätä aukkoa. Tämän tutkimuksen toimintaympäristö sijoittuu siis lukioon ja oppiaineista fysiikan ympärille.

Fysiikka on yksi lukiossa opiskeltavista luonnontieteistä. Kuten muidenkin tieteenalojen kohdalla on

fysiikalle olemassa tälle ominainen tieteen kieli, joka muodostuu sille ominaisesta sanastosta, kielen semantiikasta sekä syntaksista (Fang, 2006). Nämä tieteen kielelle ominaiset piirteet erottavat sen kielestä, jota jokapäiväisessä arkisessa kommunikoinnissa käytetään. Juuri tämä tekee tieteen kielestä niin vieraan ja hankalasti opittavan erityisesti heidän näkökulmastaan, jotka tieteen kieltä eivät ole tottuneet käyttämään. Sanotaankin, että tiedettä ei ole mahdollista oppia, ellei opi puhumaan tieteenalan omaa kieltä (Lemke, 1990). Tästä syystä vieraskielisen opiskelijan voisi ajatella opiskelevan samanaikaisesti kahta itselleen vierasta kieltä esimerkiksi fysiikan oppitunnilla. Tämä väistämättä asettaa vieraskielisen opiskelijan epätasa-arvoiseen asemaan suomea äidinkielenään puhuvan opiskelijan rinnalla.

Vaikka tässä tutkimuksessa ei syvennytkään fysiikan erityispiirteisiin sen opiskelun tai luonteen näkökulmasta, tarjoaa fysiikka mielenkiintoisen toimintaympäristön tälle tutkimukselle. Ensinnäkin fysiikka tukee lukio-opiskelijan monipuolisen yleissivistyksen kehittymistä (Opetushallitus, 2019). Lukion reaaliaineista juuri fysiikalle onkin annettu eniten tilaa: vuoden 2019 lukion opetussuunnitelman perusteiden mukaan fysiikkaa on mahdollista opiskella kahdeksan moduulin verran, joista kaksi ensimmäistä ovat kaikille lukiolaisille pakollisia moduuleja. Tämän voisi ajatella kertovan siitä, että oppiaineena fysiikkaa selvästi arvostetaan, ja sitä pidetään yhteiskunnallisesti tärkeänä oppiaineena. Fysiikan muiden luonnontieteiden joukossa nähdäänkin koskettavan läheisesti nykyihmisen elämää. Yhdenkään opiskelijan taustaan liittyvät tekijät eivät siis saisi olla esteenä tämän monipuolisen ja ajankohtaisen oppiaineen opiskelulle.

Fysiikalla on kuitenkin maine haastavana oppiaineena, jota ei pidetä erityisen kiinnostavana. Tämä tarjoaakin toisen mielenkiintoisen näkökulman tutkimuksen toimintaympäristölle. Jo peruskoulussa opiskelijoiden asenteiden on todettu olevan fysiikkaa kohtaan kielteisiä. Lisäksi on todettu, että etenkin fysiikan kohdalla oppilaiden käsitykset omasta osaamisestaan olivat yhteydessä arvioinnissa menestymiseen. (Kärnä et al., 2012) Asenteet luonnontieteitä ja erityisesti fysiikkaa kohtaan näkyvät selkeästi myös peruskoulun jälkeisissä opinnoissa: luonnontieteet, etenkin fysiikka ja kemia eivät kiinnosta nuoria, eikä heitä hakeudu riittävästi lukio-opintojen jälkeen matemaattis-luonnontieteellisille tai näitä soveltaville aloille (Lavonen et al., 2006).

Usein fysiikan ja muiden luonnontieteiden opiskelun tutkimisessa nostetaan esiin erot tyttöjen ja poikien välillä, mikä on täysin ymmärrettävää. Näyttäisi siltä, että erityisesti tytöt eivät pidä fysiikkaa tai kemiaa kiinnostavina oppiaineina (Lavonen et al., 2006). Fysiikan ja muiden luonnontieteiden opiskelua olisi kuitenkin syytä tarkastella myös muista näkökulmista, esimerkiksi juuri tieteen kielen näkökulmasta. Tieteellisen kielen hallitseminen on olennaisessa roolissa, kun tarkastellaan

luonnontieteiden oppimista (Lemke, 1990). Jos oppiaineen kieltä ei hallitse tarpeeksi hyvin, pitää opiskelija oppiainetta todennäköisesti liian vaikeana. Tällä puolestaan on vaikutus siihen, kuinka mielekkääksi opiskelija kokee oppimisen. Tärkeää olisikin muun muassa selvittää, voitaisiinko kielitietoisemmalla opetuksella vaikuttaa fysiikan ja muiden luonnontieteiden maineeseen, ja siten opiskelijoiden asenteisiin näitä oppiaineita kohtaan.

## **1.1 Tutkimuksen rakenne**

Tämä tutkimus rakentuu seitsemästä luvusta. Edellä esiteltiin lyhyesti tutkimuksen taustaa. Luvuissa 2 ja 3 motivoidaan tutkimus vielä tarkemmin. Luvussa 2 keskustellaan monikulttuuristuvasta koululaitoksesta sekä siitä, mitä se yhteiskunnan kannalta tarkoittaa. Luvussa 3 keskustellaan tieteen kielestä ja sen roolista luonnontieteiden opiskelussa. Luvussa 4 esitellään tutkimuksen teoreettinen tausta, ja luvussa 5 tutkimuksen aineisto. Luvussa 5 esitetään lisäksi tutkimuskysymykset sekä tutkimuksen metodiset ratkaisut. Luvuissa 6 ja 7 esitellään aineiston analyysin tulokset sekä tehdään näistä johtopäätökset tutkimuskysymyksiin vastaamalla. Luvussa 7 pohditaan lisäksi tuloksia tuomalla ne osaksi laajempaa kokonais kuvaa, esitetään mahdollisia jatkotutkimusideoita ja tehdään luotettavuustarkastelu.

## 2. Kulttuurillisesti monimuotoinen koululaitos

Suomalainen koululaitos oli 1990-luvulle asti etnisesti melko homogeeninen yhteisö. Kuitenkin lisääntyneen maahanmuuton seurauksena kulttuurillinen monimuotoisuus on rikastuttanut koululaitoksen lisäksi koko suomalaista yhteiskuntaa. Etenkin viime vuosina vieraskielisten määrä Suomessa on kasvanut nopeasti, ja tämän kasvun ennustetaan jatkuvan tulevaisuudessakin. Tilastokeskuksen Helsingin seudulle luoman raportin mukaan vieraskielisten määrä on 20-kertaistunut vuodesta 1990, ja heidän osuutensa koko väestöstä kohonnut yhdestä prosentista neljääntoista prosenttiin. Ennusteen mukaan joka neljäs Helsingin seudun asukas on vieraskielinen vuonna 2035. Tällöin pääkaupunkiseudulla ennustetaan asuvan kaiken kaikkiaan noin 290 000 alle 20-vuotiasta, joista noin kolmasosa olisi vieraskielisiä. (Helsingin kaupunki, 2019:3) Kun siis verrataan maahanmuuttajataustaisten ja suomalaistaustaisten väestörakennetta, huomataan maahanmuuttajataustaisten olevan suomalaistaustaisia ikärakenteeltaan huomattavasti nuorempia. Onkin perusteltua todeta, että vieraskielisen väestön kasvu näkyy nyt ja tulee vielä voimakkaammin näkymään jatkossa etenkin koululaitoksissa. Maahanmuuttajataustaisten nuorten kouluttautuminen onkin yksi koulutuspolitiikan keskeisimpiä kysymyksiä (Kalalahti et al., 2017).

Tässä tutkimuksessa vieraskielinen määritellään muuta kuin suomea, ruotsia tai saamea äidinkielenään puhuvaksi henkilöksi. Käsitteille maahanmuuttaja tai maahanmuuttajataustainen on hankala antaa tarkkaa määritelmää, ja kyseiset käsitteet voidaan jopa nähdä kielteisinä tai leimaavina ulkomailta muuttaneiden tai ulkomaalaista syntyperää olevien ihmisten keskuudessa (Agafonova, 2012). Käsitteiden määrittelemisen vaikeus aiheutuu osittain maahanmuuttajien hyvin heterogeenisestä taustasta. Maahanmuuttajat edustavat eri kieliä, arvoja ja kulttuureita, ja he saapuvat Suomeen monista hyvin erilaisista oloista ja syistä. Tässä tutkimuksessa käytetään apuna OECD:n määritelmää määriteltäessä käsitettä maahanmuuttaja. Käsite maahanmuuttajataustainen jätetään kuitenkin edellä mainittujen syiden vuoksi melko avoimen määritelmän varaan. Ensimmäisen sukupolven maahanmuuttajalla tarkoitetaan henkilöä, joka on syntynyt ulkomailla. Toisen sukupolven maahanmuuttajalla tarkoitetaan henkilöä, joka on syntynyt Suomessa mutta jonka molemmat vanhemmat ovat syntyneet ulkomailla. Maahanmuuttajataustaisella tarkoitetaan ensimmäisen tai toisen sukupolven maahanmuuttajaa, tai hänellä voi olla jokin muu kulttuurillinen sidos Suomen ulkopuolelle. Näin ollen maahanmuuttajataustainen kuvaa henkilöä, joka ei välttämättä sovi määritelmään maahanmuuttajasta, tai sillä ei sen hetkisessä kontekstissa ole merkitystä, mikä kyseistä henkilöä sitoo Suomen ulkopuolelle. Erityisesti opiskelijoista puhuttaessa käytetään heistä käsitettä maahanmuuttajataustainen.

Vieraskielisen väestön nopealla kasvulla on väistämättä vaikutuksia suomalaiseen yhteiskuntaan. Muutos tuo mukanaan uusia haasteita esimerkiksi yhteiskunnalliseen integraatioon, monikielisyyteen ja -kulttuurillisuuteen liittyen (Helsingin kaupunki, 2019:3). Vieraalla kielellä opiskeleminen ei Suomessa ole enää niin harvinaista kuin muutama vuosikymmen sitten. Koulujen monikulttuuristumisen ja -kielistymisen myötä vieraalla kielellä opiskelu onkin tutkimusaiheena yhteiskunnallisesti hyvin merkityksellinen esimerkiksi koulutuksellisen tasa-arvon turvaamisen vuoksi (Saario, 2012).

Suomessa maahanmuuttajataustaisten oppilaiden näkökulmasta on tehty tutkimusta esimerkiksi oppimissaavutuksiin ja koulutussiirtymiin liittyen, sillä niiden mukaan maahanmuuttotilanteella on vaikutusta oppilaan koulumenestykseen sekä tämän jatkokoulutukseen hakeutumisessa (esim. Kilpi, 2010; Harju-Luukkainen et al., 2014; Holopainen, 2015). Myös yksittäisten oppiaineiden näkökulmasta on tehty jonkin verran tutkimusta aiheeseen liittyen. Esimerkiksi Muukkonen (2018) tutki kuinka opettajat vaikuttavat maantieteen oppitunnin sisältöön silloin, kun opetettava luokka on kulttuurillisesti moninainen. Myös Saario (2012) tutki väitöskirjassaan yhteiskuntaopin käsitteiden opiskelua vieraalla kielellä. Hänen tutkimuksensa osoittaa, että maahanmuuttajataustaiselle oppilaalle sisältöjen ja kielen yhtäaikainen opiskelu voi olla erittäin suuri haaste. Saarioon mukaan minkä tahansa oppiaineen opiskelua tulisi siis tarkastella kielen ja kielen käytön kannalta. Kuitenkaan fysiikkaa ja sille ominaisten piirteiden opiskelua ei vieraskielisen opiskelijan näkökulmasta ole Suomessa toistaiseksi juurikaan tarkasteltu.

## **2.1 Maahanmuuttajataustainen lapsi ja nuori suomalaisessa koululaitoksessa**

Länsimaisesta näkökulmasta tarkasteltuna koulua pidetään yhtenä hyvinvointiyhteiskunnan keskeisimpänä instituutiona (Saario, 2012). Suomen perustuslain (731/1999) §:ssä 16 todetaan, että jokaisella on oikeus maksuttomaan perusopetukseen. Myös siis maahan muuttaneille lapsille ja nuorille on Suomessa turvattu oikeus kouluttautumiseen. Kulttuurillisesti yhä moninaisempien koulujen voidaankin ajatella saaneen hyvin keskeisen roolin muualta tulleiden integroimisessa kantaväestöön sekä yhteiskunnan monimuotoisuuden rakentamisessa (Holopainen, 2015). Vaikka perusopetuslaki (628/1998) sallii opetuksen antamisen oppilaan omalla äidinkielellä, tapahtuu maahanmuuttajataustaisten lasten ja nuorten opetus kuitenkin käytännössä usein osana yhteistä yleisopetusta. Vieraskielisen opiskelijan on kyllä mahdollista saada erilaisia tukitoimia oppimisen avuksi, ja perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa mainitaan myös arvioinnissa otettavan huomioon maahanmuuttajataustaisen tai vieraskielisen oppilaan kielitausta (Opetushallitus, 2014). Tästä huolimatta maahanmuuttajataustaisten lasten ja nuorten on todettu menestyneen



kouluopinnoissa suomalaistaustaisia heikommin, jäävän useammin vaille toisen asteen koulutuspaikkaa ja keskeyttävän opintonsa keskimääräistä useammin (Kalalahti et al., 2017).

Maahanmuuttajataustaisella lapsella ja nuorella koulutuspolku voi siis olla työläämpi ja kivikkoisempi kuin muilla samanikäisillä suomalaistaustaisilla oppilailla. Maahanmuuttajanuoria siirtyykin peruskoulusta toisen asteen koulutukseen ja sieltä edelleen jatko-opintoihin vähän suhteessa kantaväestöön. Lisäksi koulutuksen keskeyttäminen on yleisempää. (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2012) Se, että vaikuttaako maahanmuuttajataustaisten lasten ja nuorten heikompaan koulumenestykseen heidän kielellinen takamatkansa vai sosiaalinen tausta ei ole täysin selvää (Muukkonen, 2018).

Suomalaisten tutkimusten mukaan maahanmuuttajataustaisilla nuorilla on todettu olevan keskimääräistä myönteisempi asenne koulua kohtaan kuin suomalaistaustaisilla lapsilla, vaikka he kokevatkin koulunkäyntivaikeuksia suomalaistaustaisia useammin (esim. Kärnä et al., 2012; Harju-Luukkainen et al., 2014; Kalalahti et al., 2017). Joidenkin kansainvälisten tutkimusten mukaan maahanmuuttajataustaiset lapset ja nuoret saattavat menestyä koulussa muun muassa motivaationsa ansiosta jopa paremmin kuin samankaltaisen sosiaalisen taustan omaava kantaväestö. Kuitenkin suomalaisten tutkimusten mukaan se, kuinka hyvin oppilas hallitsee haastavana kielenä pidetyn suomen kielen sekä aika, jonka oppilas on Suomessa viettänyt, selittäisivät paremmin maahanmuuttajataustaisten lasten ja nuorten koulumenestymistä (Muukkonen, 2018). Tarkasteltaessa maahanmuuttajataustaisten nuorten koulunkäynnin keskeytymiseen liittyviä syitä, suomen kielen taito Kilpi-Jakosen rekisteritutkimuksen (2011) mukaan ei kuitenkaan olisi välttämättä tarpeeksi riittävä selitys. Sen sijaan nuoren aikaisemmalla koulumenestyksellä olisi suurempi merkitys, sillä heikkoa koulumenestystä seuraa usein koulutuksen keskeytyminen. Kilpi-Jakonen näkee myös perhetaustaan liittyvien resurssien yhteyden koulun keskeyttämisen kanssa. Esimerkiksi vanhempien työllistymisellä on yhteys toisen sukupolven maahanmuuttajien oppimistuloksiin ja toisen asteen koulutuksessa jatkamiseen. Kuitenkin vaikka perheen työmarkkina-asema olisi kontrolloitu, on toisen sukupolven maahanmuuttajilla suurempi todennäköisyys keskeyttää koulu kuin kantaväestöllä silloin, kun heidän arvosanansa ovat alhaiset. Toisin sanoen Kilpi-Jakosen mukaan eroavaisuudet kantaväestön ja maahanmuuttajataustaisten nuorten välillä ovat selkeimmät erityisesti heikompia arvosanoja saaneiden keskuudessa

Suomalaisesta koulutusjärjestelmästä löytyy jonkin verran vaihtoehtoisia etenemismahdollisuuksia, joita on kehitetty tiettyjen erityistarpeiden ilmaantumisen seurauksena. Yleensä näiden nivelvaiheeseen sijoittuvien koulutusten tarkoituksena on tarjota nuorelle jonkinlaista peruskoulun

jälkeistä valmistavaa koulutusta. Yksi esimerkki tällaisesta koulutuksesta on kymppiluokka, jossa järjestetään perusopetuslain, yhden lukuvuoden aikana tapahtuvaa lisäopetusta (Opetushallitus, 2021). Maahanmuuttajataustaisille ja vieraskielisille opiskelijoille järjestettävän LUVAn eli lukiokoulutukseen valmistavan koulutuksen tavoitteena on muun muassa kehittää opiskelijoiden suomen kielen taitoa vastaamaan lukiokoulutuksen vaatimuksia. Virallisesti LUVA-koulutusta on Suomessa saanut vuodesta 2013 lähtien. (Opetushallitus, 2017) Vaikka etenkin pääkaupunkiseudulla LUVAn kysyntä on ollut sen tarjontaa suurempi, on LUVA kuitenkin koettu jokseenkin jäsentymättömänä ja vakiintumattomana koulutuksena, johon liittyy haasteita esimerkiksi hyvin heterogeenisen hakijajoukon suhteen (Jahnukainen et al., 2018). Lisäksi esimerkiksi Vaaran (2018) mukaan ei erillisenä ryhmänä järjestettävä LUVA-koulutus näyttäisi tukevan parhaalla mahdollisella tavalla opiskelijan kielen kehittymistä.

Toisen asteen nivelvaiheen siirtymiä tukevia koulutuksia on tarjolla erilaisia. Niitä suorittavat maahanmuuttajataustaiset opiskelijat eivät kuitenkaan välttämättä siirry haluamallaan tavalla toisen asteen koulutukseen ja sieltä edelleen jatko-opintoihin tai työelämään. Havaittavissa on esimerkiksi ollut ilmiö, jossa maahanmuuttajataustainen nuori ohjataan lukiotoiheen sijaan ammatilliselle puolelle. (Jahnukainen et al., 2018) Esimerkiksi Yle uutisoi kesällä 2020 maahanmuuttajataustaisten nuorten opinnoissaan kokemasta syrjinnästä. Jutussa haastateltu opiskelija kertoi haaveilevansa lääketieteen opinnoista, mutta häntä oli rohkaistu tämän sijaan hakemaan lähihoitaja koulutukseen (Yleisradio Oy, 2020). Kyseisen nuoren kokemus ei ole ainoa laatuaan (esim. Yleisradio Oy, 2019b). Yhdenvertainen koulutuspolku onkin yksi koulutuksellisen tasa-arvon monista tavoitteista. Tästä ja muista koulutuksellisen tasa-arvon tavoitteista keskustellaan tarkemmin luvussa 2.2.

Vertailtaessa maahanmuuttajataustaisten ja suomalaistaustaisten koulumenestystä on kuitenkin hyvä pitää mielessä, että maahanmuuttajataustaisia kuten suomalaistaustaisiakaan ei ole mahdollista niputtaa yhdeksi ryhmäksi. Vaikka kielelliset, kulttuurilliset ja muut maahanmuuttajiin liitettävät ominaisuudet usein eroavat suomalaistaustaisista, eroavat nuo ominaisuudet myös maahanmuuttajien keskuudessa. Kielellisten ja kulttuurillisten ominaisuuksien lisäksi niin maahanmuuttajataustaisilta kuin kantasuomalaisiltakin kaikilta löytyy henkilökohtaiset perhetilanteet ja henkilöhistoriat. Suomalaiseen koulutukseen osallistuu hyvin heterogeeninen joukko lapsia ja nuoria, joista jokaiselta löytyy erilaisia vahvuuksia, unelmia sekä mahdollisia tuen tarpeita. Vaikka maahanmuuttajataustaisten oppilaiden koulumenestyksen onkin todettu olevan keskimääräisesti suomenkielisiä opiskelijoita heikompaa, vaihtelee oppimistulokset eri maahanmuuttajaryhmien välillä, ja osalla heistä voi olla jopa paremmat oppimistulokset kuin kantaväestöön kuuluvilla oppilailla (Saario, 2012).

## 2.2 Koulutuksellinen tasa-arvo

Lukiolain (714/2018) toisen pykälän ensimmäisessä momentissa todetaan lukiokoulutuksen antavan opiskelijalle valmiudet aloittaa korkeakoulututkintoon johtavat opinnot yliopistossa tai ammattikorkeakoulussa. Tähän ei vielä sisälly ajatusta koulutuksellisesta tasa-arvosta. Lukion opetussuunnitelman perusteissa (2019) sukupuolten välinen tasa-arvo mainitaan oikeutetusti osana lukio-opetuksen arvoperustaa. Vaikka sukupuolten välinen tasa-arvo sisältyy koulutuksellisen tasa-arvon tavoitteisiin, se ei vielä sellaisenaan kata ajatusta yhdenvertaisuudesta. Tässä tutkimuksessa koulutuksellinen tasa-arvo määritellään siis yhdenvertaisuuden kautta. Yhdenvertaisuudella tarkoitetaan, että ihmisen sukupuoli, ikä, etninen tai kansallinen alkuperä, kansalaisuus, kieli, uskonto, vakaumus, mielipide, vamma, terveydentila, seksuaalinen suuntautuminen tai muu henkilöön liittyvä tekijä ei tee ihmisestä eriarvoista (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2016). Toisin sanoen esimerkiksi henkilön äidinkieli tai ihonväri ei saisi vaikuttaa ihmisen perusoikeuksiin, ja siten vaikuttaa ihmisen mahdollisuuksiin esimerkiksi koulutukseen pääsyn suhteen.

Kun jokaisella on taustastaan riippumaton mahdollisuus hakeutua haluamaansa koulutukseen sekä taustastaan riippumaton mahdollisuus menestyä siinä, toteutuu mahdollisuuksien tasa-arvo koulutuksessa. Suomessa koulutuksellisen tasa-arvon toteutumisen suhteen on kuitenkin löydetty puutteita. Taustan ja oppimistulosten välillä on havaittavissa yhteys jo perusasteista lähtien. Ylimpiin sosioekonomisiin luokkiin kuuluvien perheiden lasten on todettu saavuttavan parempia oppimistuloksia, kuin alempiin sosioekonomisiin luokkiin kuuluvien perheiden lapset. (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2012) Myös viime vuosien PISA-tulokset ovat vahvistaneet puutteita koulutuksellisen tasa-arvon suhteen Suomessa. Vuoden 2018 PISA-testin tulosten mukaan suomalaisten lukutaito oli OECD-maiden parhaimpia. Kuitenkin, kun lukutaitoa verrattiin kantaväestön sekä ensimmäisen ja toisen sukupolven maahanmuuttajien välillä, olivat Suomen tulokset OECD-maiden eriarvoisimmat. (Leino et al., 2019) Koulutuksellisen tasa-arvon kannalta erityisesti maahanmuuttajataustaiset lapset ja nuoret näyttäisivätkin olevan muuta väestöä heikommassa asemassa.

PISA-tulosten eriarvoisuus on ollut nähtävissä jo useamman vuoden ajan. Vuoden 2012 PISA-tutkimuksen pääpaino oli matematiikan osaamisessa. Kyseisen vuoden Suomen tulosten selvityksen mukaan ensimmäisen ja toisen polven maahanmuuttajataustaisten nuorten tulokset matematiikassa olivat selkeästi OECD-maiden keskiarvoa heikompia. Tämän lisäksi tulokset olivat selkeästi heikompia kuin vastaavat OECD-maiden maahanmuuttajataustaisten oppilaiden tulosten keskiarvot. Jaettaessa vuoden 2012 PISA-tutkimukseen osallistuneet oppilaat eri suoritustasoille käy

selvityksestä ilmi, että maahanmuuttajataustaiset oppilaat olivat yliedustettuja alemmilla suoritustasoilla sekä aliedustettuja ylemmillä suoritustasoilla. Maahanmuuttajataustaisten oppilaiden matematiikan osaamista ei siis Suomessa ole juurikaan onnistuttu tukemaan. Myös luonnontieteiden osaamisen, ongelmanratkaisun ja lukutaidon kohdalla tulokset olivat samansuuntaisia. (Harju-Luukkainen et al., 2014)

Koska suomalaisnuorten PISA-tulokset saavat usein osakseen ylistystä ja ylpeyttä, tuntuvat maahanmuuttajataustaisia nuoria koskevat tulokset hämmästyttäviltä ja herättävät monia kysymyksiä. Suomalainen koululaitos on kansainvälisestikin hyvin arvostettu. Kuinka siellä ei olla onnistuttu tukemaan maahanmuuttajataustaisten oppilaiden menestymistä koulussa?

Koulutuksellisen tasa-arvon turvaaminen on tärkeää, sillä erityisesti maahanmuuttajataustaisille lapsille ja nuorille koulutus on ensisijainen keino yhteiskuntaan integroitumisessa. Tutkimusten mukaan esimerkiksi siirtymällä peruskoulusta toisen asteen koulutukseen on huomattava merkitys tulevaisuuden työllistymismahdollisuuksien kannalta. (Kilpi-Jakonen, 2011) Tämän lisäksi koulutus tukee kasvua sivistyneeksi ja aktiiviseksi yhteiskunnan jäseneksi (Opetushallitus, 2019). Koulun oppimistuloksilla voidaankin nähdä yhteys oppilaan tuleviin mahdollisuuksiin. PISA-tutkimusten tavoitteena onkin selvittää, missä määrin peruskoulun päättövaihetta suorittavat nuoret ovat omaksuneet sellaisia tietoja ja taitoja, jotka ovat merkityksellisiä heidän tulevaisuutensa kannalta. Tällaisilla taidoilla tarkoitetaan esimerkiksi toimimista osana yhteiskuntaa, sekä siitä saatujen tietojen omaksumista ja reflektointia. Tämänhetkisten tulosten perusteella peruskoulun päättävillä maahanmuuttajataustaisilla nuorilla on kuitenkin kantaväestöä heikommat valmiudet toimia yhteiskunnan täysvaltaisina jäseninä. (Harju-Luukkainen et al., 2014)

Toisen asteen koulutuksen tasa-arvoisemmaksi muokkaamisen ratkaisuksi on ajoittain väläytelty ajatusta ylioppilastutkinnon toteuttamisesta englannin kielellä. Opetus- ja kulttuuriministeriölle luovutettiin vuonna 2018 selvitys englanninkielisen ylioppilastutkinnon järjestämisestä osana Juha Sipilän hallituksen käynnistämää lukiokoulutuksen uudistusta. Selvityksen tarkoituksena oli kartoittaa, kuinka englanninkielinen ylioppilastutkinto voitaisiin toteuttaa ja minkälaiset sen aiheuttamat kustannukset olisivat. Kansainvälistä arvostusta osakseen saaneen suomalaisen ylioppilastutkinnon järjestämistä englannin kielellä motivoi ajatus koulutuksen kansainvälisyyden lisäämisestä. Selvityksen perusteella englanninkielinen ylioppilastutkinto palvelisi kuitenkin parhaiten vain heitä, joilla on jo valmiiksi hyvä englannin kielen taito. (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2018) Englanninkielinen ylioppilastutkinto ei siis välttämättä olisi ratkaisu sellaiselle vieraskieliselle opiskelijalle, jonka äidinkieli on muu kuin englanti. Jos opiskelija on esimerkiksi viettänyt suuren

osan lapsuudestaan tai nuoruudestaan ulkomailla, ja käyttänyt tällöin koulukielenään englantia, voisi englanninkielinen ylioppilastutkinto tukea kyseistä opiskelijaa. Monessa tapauksessa vieraskielisen opiskelijan englannin kielen taito voi kuitenkin olla heikompi kuin suomen kielen taito, eikä tutkinnon suorittaminen englanniksi siis palvelisi tällaista opiskelijaa kovin hyvin.

Englanninkielinen ylioppilastutkinto ei siis tuo koulutuksellisesti tasa-arvoisempaan toisen asteen koulutukseen ratkaisua, joka palvelisi tarpeeksi suurta kohderyhmää. Saarion (2012) mukaan tasa-arvoisten koulutusmahdollisuuksien tarjoaminen monikulttuuristuvassa yhteiskunnassa tarkoittaa mahdollisimman monipuolisia koulunkäynnin kielen kehittämisen mahdollisuuksia. Kouluissa käytettävän tieteellisen kielen hallitseminen onkin olennainen osa oppimisprosessia, ja siten koulutuksessa menestymistä. Vaikka koulutuksessa menestyminen ei automaattisesti takaa tulevaisuuden jatko-opiskelupaikkaa tai pysty sellaisenaan suoraan vastaamaan työelämän haasteisiin, koulutuksen tulisi kuitenkin pystyä tarjoamaan jokaiselle lapselle ja nuorelle tasa-arvoiset mahdollisuudet edetä elämässä (Saario, 2012). Kielitietoinen opetus voisikin vastata kysymyksiin ja haasteisiin, joita liittyy koulutukselliseen tasa-arvoon. Kielitietoisesta opetuksesta ja sen mahdollisuuksista keskustellaan tarkemmin luvussa 7.3.

### 3. Tieteen kieli

Tieteen kieltä kuvataan muun muassa universaalina ilmiönä (Yun & Park, 2018), kulttuurin muotona (Fang, 2006) ja välttämättömänä teknologiana (Yore et al., 2004). Tieteen kielen merkitystä ei tulisikaan vähätellä tieteen akateemisen rakenteen muodostajana (Yun & Park, 2018). Tieteen kielellä on kuitenkin valtava rooli myös tieteen oppimisen näkökulmasta.

Semiootikko ja luonnontieteiden opettaja Jay Lemke keskustelee kirjassaan *Talking Science* (1990) kielen roolista esimerkiksi kommunikaatiossa ja opetuksessa erityisesti tieteiden näkökulmasta. Kirjassaan Lemke käy useiden eri näkemysten ja konkreettisten luokkahuoneessa tapahtuneiden keskustelujen avulla läpi strategioita, joita opettaja ja tämän oppilaat käyttävät keskustellessaan tieteestä oppitunneilla. Yksi kirjan kantavimpia ajatuksia on se, että tiedettä ei ole mahdollista oppia, ellei opi puhumaan tieteen omaa kieltä.

Tieteen kieli eroaa arkisesta kommunikoinnista merkittäväällä tavalla. Erityisesti tieteenalojen erikoistuneet käsitteet, kielen semantiikka ja sen syntaksi tekevät tieteen kielestä niin erilaisen (Fang, 2006). Tieteen kielelle nämä ovat välttämättömiä ominaisuuksia, joita ilman esimerkiksi yhteyksien luominen tieteellisten väittämien välille, perustelujen ja näytön esittäminen tieteellisten teorioiden tueksi tai ylipäätään minkäänlainen tieteellinen kommunikointi ei onnistuisi, tai vähintäänkin olisi kovin kömpelöä (Yore et al., 2004).

Tieteen kieli on siis eriytynyt arkikielestä käytännönläheisistä syistä. Kuitenkin sen oppiminen voi osoittautua yllättävän hankalaksi. Tieteen kielen oppiminen tarkoittaa, että sitä osaa puhua, lukea ja kirjoittaa. Edellisessä kappaleessa mainittujen esimerkkien lisäksi näitä taitoja tarvitaan muun muassa tieteellisessä havainnoinnissa, kuvailemisessa, vertailemisessa, luokittelemisessa, analysoimisessa, keskustelemisessa ja oletusten tekemisessä. (Lemke, 1990) Nämä ovat prosesseja, joita jo lukiolainen tulee varmasti kohtaamaan esimerkiksi fysiikan oppitunneillaan.

Lukiolaiselta edellytetäänkin jo melko hyvää tieteen kielen hallintaa. Erityisen hankalaksi tästä tekee tieteen kielen semantiikka, eli tieteellisten merkitysten tietynlaiset suhteet toisiinsa. Tieteen kielen oppiminen vaatii näiden semanttisten suhteiden hallintaa. On osattava esimerkiksi ilmaista eri käsitteiden välisten merkitysten suhteet toisiinsa, sillä tieteellinen käsite tulee ymmärretyksi niiden suhteiden kautta, joita sillä on muihin käsitteisiin ja ideoihin. Semantiikan lisäksi tieteen kielen hallitsemista vaikeuttaa tietyt tyylinormit, joita se tiukasti noudattaa:

1. Ole verbaalisesti niin selkeä kuin mahdollista.
  2. Vältä puhekielisiä termejä.
  3. Käytä teknisiä termejä puhekielestä löytyvien synonyymien sijaan.
  4. Vältä personifikoitua.
  5. Vältä metafooria ja kuvainnollista kieltä.
  6. Ole vakavasti otettava ja arvokas.
  7. Vältä henkilökohtaisuuksia ja viittauksia yksittäisiin ihmisiin sekä heidän tekoihinsa.
  8. Vältä viittauksia fiktion ja fantasiaan.
  9. Käytä kausaalisia selityksen muotoja, ja vältä kerronnallista tai dramaattista kuvausta.
- (Lemke, 1990)

Nämä ovat tyylinormeja, joita esiintyy melko selkeästi jo esimerkiksi oppikirjatekstissä ja opettajan puheessa. Koska juuri oppikirja ja opettaja ovat oletettavasti opiskelijan pääsääntöiset tiedonlähteet, on erittäin luonnollista, jos lukiolainen pitää tieteen kieltä kovin vieraana ja tieteen oppimista erityisen hankalana.

Erikoisen semantiikan ja tiukkojen tyylinormien lisäksi tieteen kielen selkeimpiä piirteitä on sen sanasto. Tieteen kielen sanastosta löytyy paljon jokaiselle tieteenalalle ominaisia teknisiä termejä, jotka ovat tärkeitä, kun halutaan tarkasti ilmaista tieteen erikoistunutta tietoa (Fang, 2006). Nämä tieteelliset käsitteet löytyvät oppikirjoista usein lihavoituina muun tekstin seasta, ja usein niiden merkityksiä on vielä lyhyesti avattu erikseen pienissä laatikoissa. Lisäksi opettaja saattaa käyttää näitä käsitteitä opetuksensa yhteydessä ja avata niiden merkityksiä vielä lisää. Myös oppikirjasta löytyvät tehtävät usein käsittelevät keskeisimpiä käsitteitä. Tieteelliset käsitteet saavat siis opetuksessa melko paljon huomiota. Kuitenkin juuri tieteellisen sanaston oppiminen aiheuttaa monelle opiskelijalle suuria haasteita (Fang, 2006).

Tieteellisten käsitteiden kompleksisuus on enemmän sääntö kuin poikkeus. Tieteellisen käsitteen määrittelemisen tapahtuu usein muiden sellaisten tieteellisten käsitteiden avulla, joiden merkitykset tulisi ymmärtää, jotta oppimisen kohteena oleva käsite voitaisiin ymmärtää. Tämän vuoksi oppikirjojen lyhyet laatikoista löytyvät määritelmät eivät välttämättä auta opiskelijaa sisäistämään käsitettä täysin, vaan saattavat jopa lyhyen ilmaisunsa vuoksi rohkaista opiskelijaa opettelemaan määritelmän käsitteelle ulkoa. Opetuksen tavoitteena ei kuitenkaan ole rohkaista opiskelijaa papukaijan tavoin toistamaan sanoja, vaan tavoitteena on, että opiskelija pystyisi luomaan yhteyksiä ja rakentamaan merkityksiä oppimisen kohteena olevien asioiden välille. Tieteen kieli on tässä merkittävässä roolissa.

Tieteen kielen keskeisyys oppimisessa on merkittävä, ja tämä tosiasia onkin hyväksytty ja tiedostettu opetusalan ammattilaisten keskuudessa. Tästä huolimatta tieteen kielen tutkimus ei ole saanut niin paljon huomiota, että sitä pidettäisiin itsenäisenä kasvatustieteiden tieteenalana. (Yun & Park, 2018) Kun otetaan huomioon tieteen kielen erityinen luonne, on selvää, että kyseisen kielen oppiminen aiheuttaa haasteita sellaiselle, joka kieltä ei ole tottunut käyttämään. Jos oppilas joutuu vierasta tieteen kieltä opiskelemaan jollain muulla kielellä kuin omalla äidinkielellään, on kyseisellä oppilaalla ikään kuin kaksinkertainen kieleen liittyvä haaste edessään. Tieteen kielen oppimisesta vieraalla kielellä keskustellaan tarkemmin seuraavassa luvussa.

### **3.1 Tieteen kielen oppimisen haasteet erityisesti vieraalla kielellä opiskelevan näkökulmasta**

Tieteen kielen semantiikka ja sen noudattamat tyylinormit tekevät tieteen kielen oppimisesta haastavaa. Myös tieteellisen sanaston hallitseminen voi osoittautua ongelmalliseksi. Monelle opiskelijalle haastavinta tieteiden opiskelussa on juuri tieteellisen kielen oppiminen (Wellington & Osborne, 2001). Tieteessä pärjääminen riippuukin suuresti siitä, kuinka hyvin oppii puhumaan tieteen kieltä (Lemke, 1990). Jos tieteen kieltä ei hallitse tarpeeksi hyvin, näyttäytyy oppiaine todennäköisesti opiskelijalle liian vaikeana. Tällä puolestaan on vaikutusta siihen, kuinka mielekkääksi opiskelija kokee oppimisen. Tieteen kielen oppiminen ei kuitenkaan riipu ainoastaan siitä, kuinka tehokkaasti opiskelija on valmis tekemään töitä oppimisensa eteen. Kuten seuraavaksi tullaan huomaamaan, opiskelijan taustalla, esimerkiksi tämän äidinkielellä, voi olla merkittäväkin rooli tieteen kielen oppimisessa.

Tieteen kielen oppimisesta haastavan tekee erot tieteen kielen ja opiskelijoiden jokapäiväisessä elämässä käytettävän arkikielen välillä. Esimerkiksi koulun oppitunneilla esiintyvät tieteelliset termit harvemmin esiintyvät opiskelijoiden päivittäin käyttämässä sosiaalisessa kielessä. (Fang, 2006) Opiskelija saattaa kohdata tieteen oppitunnilla jopa useamman vieraan termin kuin vieraan kielen oppitunnilla (Yager, 1983). Lisäksi esimerkiksi asioiden selittäminen arkisessa yhteydessä tapahtuu usein useammalla virkkeellä eleitä, ilmeitä ja hyvin arkista sanastoa hyödyntäen. Tieteellisessä tekstissä (esimerkiksi oppikirjatekstissä) asiat selitetään kuitenkin tiiviimmin useita tieteellisiä termejä hyödyntäen (Fang, 2006).

Tieteellistä kieltä tulisi osata ymmärtää puhuttuna sekä luettuna, ja lisäksi sitä tulisi osata itse tuottaa puhuttuna sekä kirjoitettuna. Puutteet etenkin tieteellisen kielen ymmärtämisessä rajoittavat opiskelijoita tieteellisen tiedon syvyyden suhteen (Fang & Wei, 2010). Puheen tukena esimerkiksi luokkahuonekeskustelussa opettajien ja oppilaiden on mahdollista käyttää apuna muun muassa



elekieltä ja ilmeitä, jolloin viestiä voi olla helpompi tulkita. Lisäksi puhuttua kieltä, vaikkakin tieteellistä, on mahdollista rytmittää arkisemmaksi aivan toisella tavalla kuin eksaktia kirjoitettua kieltä. Tieteen kielen kieliopilliset preferenssit näkyvät siis erityisesti kirjoitetussa kielessä (Lemke, 1990). Koska nykyinen koesysteemi arvioi erityisesti kirjoitettua tieteen kieltä, korostuu arvioinnissa se, kuinka taitava opiskelija on tuottamaan tieteen kieltä nimenomaan kirjoitettuna. Tällaisen koesysteemin voisikin jopa sanoa suosivan sellaisia opiskelijoita, joiden kirjoitetun kielen taidot ovat suhteellisen vahvoja (Lemke, 1990).

Tieteen kielen oppimista voisi verrata itselle vieraan kielen oppimiseen: mitä paremmin hallitsee kielen sanaston ja pystyy muodostamaan järkeviä lauseita hallitsemallaan sanastolla, sekä ymmärtää lukemansa tai kuulemansa, sitä paremmin kieltä koetaan osaavan. Äidinkielenään jotakin kieltä puhuvaa kutsutaan natiivipuhujaksi. Tieteen kielen kohdalla natiivipuhujina voidaan pitää esimerkiksi tutkijoita, opettajia sekä oppikirjojen kirjoittajia. Jos verrataan opiskelijoiden ja esimerkiksi opettajien kokemusta tieteen kielen hallitsemisen suhteen, voisi opiskelijoiden ajatella opiskelevan itselleen täysin vierasta kieltä (Yager, 1983). Toisin kuin vieraan kielen oppitunnilla, tieteen oppitunnilla opiskelijoille ei kuitenkaan opeteta, kuinka tiedettä tulee esimerkiksi puhua, kuinka termejä ja merkityksiä yhdistetään tai kuinka analysoidaan tai kirjoitetaan tieteen kielellä. Opiskelijoiden oletetaan ikään kuin vain nappaavan näistä kiinni. Jos opiskelija tässä onnistuu, ollaan hänestä hyvin ylpeitä ja ylistetään tämän osaamista. Kuitenkin niissä tilanteissa, joissa opiskelija ei opi käyttämään tieteen kieltä vaaditulla tasolla, tehdään valitettavan usein johtopäätös, että opiskelija ei ole yrittänyt tarpeeksi ja tämä ei kuulu niiden harvojen valittujen joukkoon, jotka tieteessä voisivat menestyä hyvin. (Lemke, 1990)

Edellä esiin tuotujen ajatusten valossa, on mahdollista tehdä johtopäätös siitä, että opiskelijan sosioekonomisella taustalla on merkitystä siihen, kuinka haasteelliseksi tämä kokee tieteen kielen oppimisen. Vuonna 2011 järjestettiin perusopetuksen 9. luokan oppilaille luonnontieteiden oppimistulosten seuranta-arviointi (Kärnä et al., 2012). Tutkimuksen perusteella oli mahdollista todeta, että vanhempien koulutuksella on yhteys opiskelijan oppimistuloksiin sekä asenteisiin luonnontieteitä kohtaan. Esimerkiksi opiskelija, jonka molemmat vanhemmat ovat korkeasti koulutettuja on todennäköisesti altistunut korrektille ja hienostuneelle tieteelliselle kielelle enemmän kuin opiskelija, jonka perheestä ei löydy korkeasti koulutettuja henkilöitä. Ensiksi mainitun opiskelijan on huomattavasti helpompi sisäistää tieteen oppitunneilla käytettävä korrekti ja hienostunut kieli, kuin sellaisen opiskelijan, joka ei kyseisenlaista kieltä ole tottunut kuulemaan, saati puhumaan. Tämä kieltämättä näkyy oppimistuloksissa sekä asenteissa.

Tieteen kielen oppiminen voi olla haasteellista kenelle tahansa. Kuitenkin opiskelijalle, joka joutuu opiskelemaan tieteen kieltä itselle vieraalla kielellä voi oppiminen osoittautua erityisen hankalaksi. Vieraskielisellä opiskelijalla on edessään ikään kuin kaksi kielimuuria ylitettävänä. Kun tutkittiin perusopetuksen yhdeksännen luokan maahanmuuttajataustaisten oppilaiden käsitteenmäärittelyä, huomattiin, että sisältöjen ja kielen yhtäaikainen opiskelu osoittautui erityisen haastavaksi (Saario, 2012). Sisältöjen ja kielen yhtäaikaista osaamista tarvitaan esimerkiksi oppikirjatekstin tulkinnassa, tehtävänantojen ymmärtämisessä ja tehtävien vastausten laadinnassa. Erityisesti kahta jälkimmäistä arvioidaan läpi lukiokoulutuksen ensimmäisistä kurssikokeista viimeiseen lukiokoulutuksen päättävään ylioppilaskokeeseen asti.

Kuten edellä jo todettiin, koulutieteiden käyttämä kieli eroaa opiskelijoiden käyttämästä sosiaalisesta kielestä niin paljon, että se voi tuntua opiskelijoista täysin vieraalta kieleltä. Vieraskielisten opiskelijoiden kohdalla tunne saattaa olla korostunut. Uskotaan, että altistamalla opiskelijoita enemmän vieraalle tieteen kielelle, näkyisi se esimerkiksi luku- ja kirjoitusvaikeuksien helpottumisena (Fang, 2006). Toisin sanoen, vaikka opiskelijoilta löytyisikin huomattavia vaikeuksia tieteen kielen hallitsemisen suhteen, ei tieteen kielen käyttöä opetuksessa tulisi kuitenkaan vähentää. Huomiota tulisi päinvastoin kiinnittää sellaisiin opetustapoihin, joiden avulla opiskelijoita totutellaan tieteen kieleen käyttämiseen kuormittamatta heitä kuitenkaan liikaa. Erityisesti tulisi kiinnittää huomiota sellaisiin opetus- ja arviointitapoihin, joilla voidaan minimoida vieraskielisten ja suomea äidinkielenään puhuvien opiskelijoiden välisiä eroja.

Tieteen kielen oppimisen tärkeyttä ei voi korostaa liikaa. Sen lisäksi, että kunkin tieteenalan tai oppiaineen kielen oppiminen edistää itse oppiaineen sisältöjen oppimista, vaikuttaa kielen hallitseminen myös siihen, kuinka mielekkääksi opiskelija oppimisen kokee. Jos opiskelija ymmärtää vajavaisesti opettajan puhetta tai oppimateriaalista lukemaansa, on tämän vaikea kokea opiskelua mielekkääksi (Lemke, 1990). Opiskelijan hämmentyminen luonnontieteiden oppitunnilla ei ole epätavallista. Kuitenkin pitkään jatkuva hämmennys ja jopa tunne epäonnistumisesta eivät tee tieteen oppitunneista opiskelijalle mieluisia. Tieteen kielen hallintaa tarvitaan lisäksi opiskelijoiden yleissivistystä ja tulevaisuutta ajatellen. Lukion jälkeen opiskelija tulee tieteenalojen kieltä tarvitsemaan mahdollisissa jatko-opinnoissaan. Vielä laajemmasta näkökulmasta tarkasteltuna on tieteen kielellä roolinsa myös opiskelijan maailmankuvan muodostumisessa: tieteellistä kieltä tarvitaan esimerkiksi kokonaisuuksien hahmottamisessa sekä erityisesti nykyään mielipiteiden erottamisessa tieteellisestä tiedosta.

## 4. Tutkimuksen teoreettinen tausta

Tutkimuksen teoreettisen viitekehyksen muodostaa Andersonin ja Krathwohlin tiedon sekä kognitiivisen prosessin dimensiot ja kognitiivinen kuormitusteoria. Kappaleessa 4.1 käydään läpi Bloomin taksonomiaa, joka pohjustaa kappaleessa 4.2 esiteltävää Andersonin ja Krathowhlin taksonomiataulua. Tässä tutkimuksessa taksonomiataulua käytettiin aineistona olleiden oppikirjatehtävien sekä opettajan antamien tuntitehtävien tehtävänantojen luokitteluun. Luokittelun tavoitteena oli selvittää, minkälaisia nämä tehtävät olivat kognitiiviselta vaatimustasoltaan, ja painottuiko jokin taksonomian tasoista erityisen selkeästi tutkimuksen aineiston kohdalla.

Kappaleessa 4.3 esitellään kognitiivinen kuormitusteoria. Kyseinen teoria tarjoaa näkökulman tilanteisiin, joissa tehtävän työmuistille asettama kognitiivinen kuorma on opiskelijalle liian suuri, ja siten vaikeuttaa tämän oppimisprosessia.

### 4.1 Bloomin taksonomia

Kasvatuspsykologi Benjamin Bloomin nimeä kantava Bloomin taksonomia on eräs hierarkkinen luokitusjärjestelmä, jonka tavoitteena on muun muassa määritellä osaamisen tasot ja auttaa opettajia ymmärtämään, mitä oppilaiden voidaan odottaa oppivan heidän opetuksessaan. (Bloom et al., 1956) Bloomin taksonomia tarjoaa siis teoreettisen viitekehyksen tilanteisiin, jotka vaativat osaamistavoitteiden määrittelyä sekä osaamisen tasojen tarkastelua. Yksi konkreettinen Bloomin taksonomian sovelluskohde on esimerkiksi fysiikan koetehtävien luokittelu, kun halutaan tarkastella, minkälaista osaamista kukin tehtävistä vaatii.

Bloomin taksonomia jaetaan kolmeen eri osa-alueeseen, joita ovat kognitiivinen eli tiedollinen osa-alue, affektiivinen eli tunneperäinen osa-alue sekä psykomotorinen eli taidollinen osa-alue (Bloom et al., 1956). Tämän tutkimuksen kiinnostus rajoittuu näistä kognitiiviseen osa-alueeseen. Taulukossa 1 on esitetty kognitiivisen osa-alueen kuusi pääkategoriaa.

*Taulukko 1. Bloomin taksonomian kognitiivisen alueen rakenne (Bloom et al., 1956).*

1. Tieto	2. Ymmärtäminen	3. Soveltaminen	4. Analysoiminen	5. Syntetisoiminen	6. Arvioiminen
-------------	--------------------	--------------------	---------------------	-----------------------	-------------------

Kategorioita ovat *Tieto (Knowledge)*, *Ymmärtäminen (Comprehension)*, *Soveltaminen (Application)*, *Analysoiminen (Analysis)*, *Syntetisoiminen (Synthesis)* ja *Arvioiminen (Evaluation)*. Kategoriat on järjestetty hierarkisesti siten, että ylemmän tason hallitseminen vaatii alemman tason hallintaa.

## 4.2 Andersonin ja Krathwohlin uudistettu Bloomin taksonomia

Anderson ja Krathwohl (2001) uudistivat alkuperäisen Bloomin kognitiivisten tavoitteiden taksonomian. Taksonomiatauluksi nimetty järjestelmä on kehittynyt kaksiulotteinen versio Bloomin taksonomiasta. Esimerkiksi Nurmisen ja Akselan (2005) tutkimuksen mukaan opettajat kokivat usein haastavaksi ajattelutaitojen opettamisen sekä korkeamman tason ajattelutaitoa vaativien tehtävien suunnittelun. Taksonomiataulu tarjoaakin opettajalle erinomaisen työkalun, jota hän voi hyödyntää tietojen ja ajattelutaitojen arvioinnissa. Taksonomiataulun avulla on mahdollista esimerkiksi luokitella ja suunnitella tehtäviä opetuksen tavoitteiden mukaisiksi.

Kyseistä taksonomiataulua on hyödynnetty esimerkiksi luonnontieteiden oppimistulosten arvioinnissa, mikä mahdollisti monipuolisen tiedon keräämisen yhdeksännen luokan oppilaiden tietojen ja taitojen hallinnasta (Kärnä et al., 2012). Myös Greta Tikkanen (2010) sovelsi taksonomiataulua väitöskirjassaan tutkiessaan kemian ylioppilaskokeen tehtäviä summatiivisen arvioinnin välineenä. Tässä tutkimuksessa käytettiinkin apuna hänen väitöskirjassaan esiintyneitä suomennoksia taksonomiataulun eri dimensioiden otsikoille ja määritelmille.

Andersonin ja Krathwohlin uudistetussa Bloomin taksonomiassa tavoitteiden ilmaiseminen tapahtuu kaksiulotteisesti. Andersonin ja Krathwohlin mukaan opetuksessa on kyse siitä, miten ajattelun lisäksi voidaan käyttää ja opettaa erilaista tietoa siten, että oppimisen tavoitteet voidaan saavuttaa. Ajattelun tason verbien lisäksi uudistetusta taksonomiasta löytyykin siis myös substantiivi erilaisia tiedon tasoja kuvaamaan. Taksonomian mukaan opetuksen ja oppimisen arvioinnin tavoitteet voidaan siis jakaa sekä tiedon dimensioihin että kognitiivisen prosessin dimensioihin. (Anderson et al., 2001)

Bloomin taksonomian tavoin Andersonin ja Krathwohlin taksonomiataulu on hierarkkinen luokittelujärjestelmä. Taulukkoon luokittelu tapahtuu hyödyntämällä luokiteltavan aineiston sisältämiä verbejä ja substantiiveja. Verbien avulla löydetään luokka kognitiiviselle tasolle, ja substantiivien avulla löydetään luokka tiedon tasolle. (Krathwohl, 2002)

Taulukossa 2 on esitetty Andersonin ja Krathwohlin uudistettu Bloomin taksonomiataulu.

Taulukko 2. Andersonin ja Krathwohlin taksonomiataulu (Krathwohl, 2002).

TIEDON TASO	AJATTELUN TASOT (KOGNITIIVINEN PROSESSI)					
	1. MUISTAA	2. YMMÄRTÄÄ	3. SOVELTAA	4. ANALYSOIDA	5. ARVIOIDA	6. LUODA
A. FAKTATieto						
B. KÄSITETieto						
C. MENETELMÄTieto						
D. METAKOGNITIIVINEN Tieto						

Alkuperäisestä Bloomin taksonomiasta Andersonin ja Krathwohlin taksonomiataulu eroaa merkittävästi. Bloomin taksonomian *Tieto*-kategoria on Andersonin ja Krathwohlin taksonomiataulussa toinen kahdesta dimensiosta. Tämän tilalle ensimmäiseksi kategoriaksi ajattelun dimensioon on tuotu *Muistaa*-kategoria. Bloomin taksonomian toinen kategoria *Ymmärtäminen* muutettiin verbiksi *Ymmärtää* (*Understand*). Myös kategoriat *Soveltaminen*, *Analysoiminen* ja *Arvioiminen* muutettiin verbeiksi *Soveltaa* (*Apply*), *Analysoida* (*Analyze*) ja *Arvioida* (*Evaluate*), sillä verbien ajateltiin kuvaavan tarkemmin niitä termejä, joita opettaja voisi käyttää kuvaillessaan työtään. Kategoria *Syntetisoiminen* vaihtoi paikkaa kategorian *Arvioiminen* kanssa ja se nimettiin uudelleen *Luoda* (*Create*) - kategoriaksi. (Krathwohl, 2002).

Ajattelun tasojen hierarkisuus näkyy erityisesti kategorioiden kognitiivisessa vaativuudessa. Esimerkiksi *Ymmärtää*-kategoriaan luokiteltu tehtävä ei ole yhtä vaativa kuin *Soveltaa*-kategoriaan luokiteltu tehtävä. Tämä pätee myös tiedon dimensiolla. Esimerkiksi *Faktatieto*-kategoriaan luokitellun tehtävän edellyttämä tieto on konkreettisempaa, kuin *Käsitetieto*-kategoriaan luokitellun tehtävän edellyttämä tieto. Täten taulukkoon luokiteltujen tehtävien kognitiivinen vaikeustaso kasvaa siirryttäessä taulukossa oikealle ja alaspäin. Kognitiiviselta vaikeustasoltaan vaativin on siis solu 6D ja vähiten vaativin solu 1A. (Krathwohl, 2002)

#### 4.2.1 Luonnontieteellisen tiedon luokittelu Andersonin ja Krathwohlin taksonomiataulussa

Taksonomiataulun tiedon dimensio on jaettu neljään pääkategoriaan: *Faktatieto* (*Factual Knowledge*), *Käsitetieto* (*Conceptual Knowledge*), *Menetelmätieto* (*Procedural Knowledge*) sekä *Metakognitiivinen tieto* (*Metacognitive Knowledge*). Näistä jokainen on jaettu lisäksi

alakategorioihin. (Krathwohl, 2002) Taulukossa 3 on esitetty jokainen näistä pääkategorioista alakategorioineen sekä annettu fysiikan kontekstiin istuvia esimerkkejä.

*Taulukko 3. Tiedon dimensiot fysiikan kontekstissa (Krathwohl, 2002) (Kategorioiden nimien ja määritelmien suomennoksissa on käytetty lähteenä Greta Tikkasen (2010) väitöskirjaa.)*

PÄÄKATEGORIA	ALAKATEGORIA	ESIMERKKEJÄ
<b>A. FAKTATIETO</b> Tieteenalasisidonnainen (esim. fysiikka) keskeinen perustieto.	A1. Tieto terminologiasta	<ul style="list-style-type: none"> <li>fysiikan lakeihin liittyvät suureet ja yksiköt, alkuaineiden nimet</li> </ul>
	A2. Tieto tarkoista yksityiskohdista ja peruselementeistä	<ul style="list-style-type: none"> <li>fysikaalisten keksintöjen vuosiluvut, luonnonvakiot</li> </ul>
<b>B. KÄSITETIETO</b> Tieto peruselementtien välisistä yhteyksistä osana laajempaa rakennetta.	B1. Tieto luokituksista ja kategorioista	<ul style="list-style-type: none"> <li>alkuaineiden jaksollinen järjestelmä, johteet ja eristeet</li> </ul>
	B2. Tieto periaatteista ja yleistyksistä	<ul style="list-style-type: none"> <li>fysiikan lait, esimerkiksi dynamiikan peruslaki, energiaperiaate</li> </ul>
	B3. Tieto teorioista, malleista ja rakenteista	<ul style="list-style-type: none"> <li>maailmankaikkeuden rakenne, atomiteoria</li> </ul>
<b>C. MENETELMÄTIETO</b> Tieto oppiainekohtaisista menetelmistä, tekniikoista, taidoista ja algoritmeista sekä niiden käyttökriteereistä.	C1. Tieto oppiainekohtaisista taidoista ja algoritmeista	<ul style="list-style-type: none"> <li>turvallisen työskentelyn periaatteet laboratoriossa, fysiikan laskujen ratkaisutavat, graafisen esityksen tekeminen ja tulkitseminen</li> </ul>
	C2. Tieto oppiainekohtaisista tekniikoista ja metodeista	<ul style="list-style-type: none"> <li>fysiikan tutkimusmenetelmät, esimerkiksi puun tiheyden määrittäminen kokeellisesti, ongelmanratkaisumenetelmät</li> </ul>
	C3. Tieto menetelmien käyttökriteereistä	<ul style="list-style-type: none"> <li>fysiikan laskukaavojen ja tutkimusmenetelmien soveltuminen eri tilanteisiin, esimerkiksi kriteerit kappaleen massan määrittämiseen vaa'an avulla</li> </ul>
<b>D. METAKOGNITIIVINEN TIETO</b> Yleistietoa kognitiosta sekä tietoisuutta omasta kognitiosta. Tietoa strategioista, tehtävän kognitiivisista vaatimuksista sekä omista vahvuuksista ja heikkouksista.	D1. Strateginen tieto	<ul style="list-style-type: none"> <li>koestrategiat, tieto kokeellisten menetelmien suunnittelusta, muistisääntöjen laatiminen, tiedon järjestäminen</li> </ul>
	D2. Tieto tarkoituksenmukaisen kontekstuaalisen ja konditionaalisen tiedon sisältävistä kognitiivisista tehtävistä	<ul style="list-style-type: none"> <li>"tärppitehtävät" ylioppilaskokeessa, tehtävien erilaiset vaativuusasteet</li> </ul>
	D3. Itsetuntemus	<ul style="list-style-type: none"> <li>motivaatio, omien heikkouksien ja vahvuuksien tunnistaminen, kiinnostuksen kohteet</li> </ul>

Kategorioista ensimmäinen, faktatieto, tarkoittaa kaikkea keskeistä tieteenalasisidonnaista perustietoa. Se jaetaan tietoon terminologiasta sekä tietoon tarkoista yksityiskohdista ja peruselementeistä.

(Krathwohl, 2002) Esimerkiksi tieto fysiikan lakeihin liittyvistä suureista ja yksiköistä luetaan faktatiedoksi.

Käsitetieto sisältää tietoa peruselementtien välisistä yhteyksistä osana laajempaa rakennetta, joka mahdollistaa niiden toimimisen yhdessä. Käsitetieto jaetaan tietoon luokituksista ja kategorioista, tietoon periaatteista ja yleistyksistä sekä tietoon teorioista, malleista ja rakenteista. (Krathwohl, 2002) Materiaalien luokittelu johteisiin ja eristeisiin sekä tieto käsitteiden määritelmistä ovat esimerkkejä käsitetiedosta.

Menetelmätieto on tietoa oppiainekohtaisista menetelmistä, erilaisista tekniikoista, taidoista ja algoritmeista sekä näiden käyttökriteereistä. Se jaetaan tietoon oppiainekohtaisista taidoista ja algoritmeista, tietoon oppiainekohtaisista tekniikoista ja metodeista sekä tietoon menetelmien käyttökriteereistä. (Krathwohl, 2002) Esimerkiksi tieto fysiikan tutkimusmenetelmistä sekä tieto siitä, kuinka fysiikan lasku ratkaistaan ovat menetelmätietoa.

Metakognitiivinen tieto on tiedon kategorioista viimeinen. Sillä tarkoitetaan yleistietoa kognitiosta sekä tietoisuutta omasta kognitiosta. Lisäksi tieto strategioista, tehtävän kognitiivisista vaatimuksista sekä omista vahvuuksista ja heikkouksista ovat metakognitiivista tietoa. Se jaetaan kolmeen alakategoriaan: strategiseen tietoon, tietoon tarkoituksenmukaisen kontekstuaalisen ja konditionaalisen tiedon sisältävistä kognitiivisista tehtävistä sekä itsetuntemukseen. (Krathwohl, 2002) Itselle helppojen tehtävien tunnistaminen koetilanteessa on esimerkki metakognitiivisen tiedon käyttämisestä.

#### **4.2.2 Luonnontieteellisen ajattelun luokittelu Andersonin ja Krathwohlin taksonomiataulussa**

Taksonomiataulun horisontaalinen dimensio on jaettu kuuteen eri ajattelun taidon kategoriaan: *Muistaa (Remember)*, *Ymmärtää (Understand)*, *Soveltaa (Apply)*, *Analysoida (Analyze)*, *Arvioida (Evaluate)* sekä *Luoda (Create)*. Jokainen näistä pääkategorioista on lisäksi jaettu alakategorioihin. Taulukossa 4 esitetään kognitiivisen prosessin dimension rakenne ja annetaan fysiikan kontekstiin sopivia esimerkkejä.

Taulukko 4. Kognitiivisen prosessin dimensiot fysiikan kontekstissa (Krathwohl, 2002) (Kategorioiden nimien ja määritelmien suomennoksessa on käytetty lähteenä Greta Tikkasen (2010) väitöskirjaa.)

PÄÄKATEGORIA		ALAKATEGORIA	ESIMERKKEJÄ
L O C S	<b>1. MUISTAA</b> Pitkäkestoisesta muistista olennaisen tiedon mieleen palauttaminen	1.1 Tunnistaminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>fysikaalisten suureiden tunnusten tai yksiköiden tunnistaminen</li> </ul>
		1.2 Mieleen palauttaminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>historiallisesti tärkeiden fysikaalisten tapahtumien vuosilukujen muistaminen, käsitteen määritelmän muistaminen ulkoa</li> </ul>
	<b>2. YMMÄRTÄÄ</b> Merkitysten muodostamista opetukseen liittyvän suullisen, kirjallisen ja graafisen viestinnän pohjalta	2.1 Tulkitseminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>tiedon muuttaminen muodosta toiseen, esimerkiksi laskun laatiminen sanallisen tehtävänannon pohjalta, käsitteen määrittäminen omin sanoin</li> </ul>
		2.2 Esimerkin antaminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>esimerkin antaminen energialähteestä</li> </ul>
		2.3 Luokittelu	<ul style="list-style-type: none"> <li>termodynaamisten systeemien luokittelu avoimiin, suljettuihin ja eristettyihin systeemeihin</li> </ul>
		2.4 Yhteenvedon tekeminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>yhteenvedon tekeminen luetun tekstin (esimerkiksi oppikirjan kappale tai Wikipedia-artikkeli) perusteella</li> </ul>
		2.5 Päättelu	<ul style="list-style-type: none"> <li>aineen olomuodon päättelu faasikaavion ja tehtävänannossa annettujen tietojen pohjalta</li> </ul>
		2.6 Vertaaminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>kahden eri aineen faasikaavioiden vertaaminen</li> </ul>
		2.7 Perustelu	<ul style="list-style-type: none"> <li>fysikaalisen perustelun antaminen jollekin arkielämän ilmiölle</li> </ul>
	<b>3. SOVELTAA</b> Menetelmien toteuttaminen tai hyödyntäminen annetussa tilanteessa	3.1 Menetelmän toteuttaminen (rutiininomaisesti)	<ul style="list-style-type: none"> <li>laskukaavojen käyttö esimerkiksi paineen laskeminen annetuista tiedoista</li> </ul>
		3.2 Menetelmän käyttäminen (soveltaen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ongelmanratkaisutehtävät, joissa oppilas käyttää valitsemaansa menetelmää entuudestaan tuntemattoman tehtävän ratkaisemiseen</li> </ul>
H O C S	<b>4. ANALYSOIDA</b> Materiaalin pilkkominen rakenneosiin, ja näiden osien keskinäisten suhteiden määrittäminen sekä niiden suhde kokonaisuutena	4.1 Erotteleminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>tehtävänannosta tärkeiden ja olennaisten osien erottaminen, esimerkiksi laskutehtävän ratkaisemiseen tarvittavien arvojen erottaminen tehtävänannosta</li> </ul>
		4.2 Jäsentäminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>tilanteeseen liittyvien perusosasten tunnistaminen, ja johdonmukaisen kokonaisuuden laatiminen niiden pohjalta, esimerkiksi jäsennellyn yhteenvedon tekeminen fysiikan työraportista</li> </ul>
		4.3 Piilomerkitysten havaitseminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>artikkelin näkökulman tunnistaminen, kirjoittajan asenteiden tai arvojen havaitseminen</li> </ul>
	<b>5. ARVIOIDA</b> Arvioiden tekeminen kriteerien ja standardien pohjalta	5.1 Tarkistaminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>laskutehtävän tuloksen järkevyyden tarkistaminen, kokeellisen työn tulosten järkevyyden arviointi</li> </ul>
		5.2 Arvostelu	<ul style="list-style-type: none"> <li>kahden kokeellisen menetelmän hyvien ja huonojen puolien arvioiminen</li> </ul>



<b>6. LUODA</b> Yhtenäisen ja johdonmukaisen kokonaisuuden muodostaminen perusosasista tai niiden uudelleen järjestämisestä	6.1 Kehittäminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>hypoteesien tai ratkaisutapojen esittäminen annettujen kriteerien pohjalta</li> </ul>
	6.2 Suunnitteleminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>ratkaisutapojen suunnittelu esitetyn ongelman ratkaisemiseksi, esimerkiksi kokeellisen menetelmän esittäminen metallin ominaislämpökapasiteetin määrittämiselle</li> </ul>
	6.3 Tuottaminen	<ul style="list-style-type: none"> <li>esseen laatiminen energiatuotannon ympäristövaikutuksista</li> </ul>

Ensimmäinen pääkategoria Muistaa tarkoittaa olennaisen tiedon mieleen palauttamista pitkäkestoisesta muistista. Se jaetaan kahteen alakategoriaan: tunnistamiseen sekä mieleen palauttamiseen. (Krathwohl, 2002) Fysikaalisen käsitteen muistaminen ulkoa on esimerkki muistamisesta.

Opetukseen liittyvän suullisen, kirjallisen sekä graafisen viestinnän pohjalta tapahtuvat merkityksen muodostamiset luokitellaan Ymmärtää-kategoriaan. Se jaetaan alakategorioihin tulkitseminen, esimerkin antaminen, luokitseminen, yhteenvedon tekeminen, päättelyminen, vertaaminen ja perusteleminen. (Krathwohl, 2002) Laskun laatiminen sanallisen tehtävänannon pohjalta on esimerkki ymmärtämisestä.

Menetelmien toteuttaminen tai hyödyntäminen annetussa tilanteessa luokitellaan Soveltaa-kategoriaan. Se jaetaan menetelmän toteuttamiseen rutiininomaisesti sekä menetelmän käyttämiseen soveltaen. (Krathwohl, 2002). Esimerkiksi laskun laskeminen annettujen tietojen avulla luokitellaan Soveltaa-kategoriaan.

Analysoimisella tarkoitetaan materiaalin pilkkomista osiin, ja näiden osien suhteiden määrittämistä toisiinsa sekä kokonaisuuteen. Tämä kategoria jaetaan alakategorioihin erotteleminen, jäsentäminen ja piilomerkitysten havaitseminen. (Krathwohl, 2002) Esimerkiksi laskutehtävän ratkaisemiseen tarvittavien olennaisten arvojen erottaminen tehtävänannosta luokitellaan Analysoida-kategoriaan.

Viides pääkategoria Arvioida tarkoittaa arvioiden tekemistä kriteerien ja standardien pohjalta. Se luokitellaan alakategorioihin tarkistaminen ja arvosteleminen. (Krathwohl, 2002) Esimerkiksi kokeellisen työskentelyn yhteydessä tehtävä työn tulosten järkevyyden arviointi luokitellaan tähän kategoriaan.

Viimeinen pääkategoria Luoda tarkoittaa yhtenäisen sekä johdonmukaisen kokonaisuuden muodostamista rakenneosista tai niiden uudelleen järjestämisestä. Se jaetaan alakategorioihin kehittäminen, suunnitteleminen sekä tuottaminen. (Krathwohl, 2002) Esimerkiksi esseiden laatiminen tai kokeellisen menetelmän esittäminen luokitellaan Luoda-kategoriaan.

Ajattelutaidot voidaan luokitella vielä alemman sekä ylemmän tason ajattelutaitoihin. Kognitiivisen prosessin dimensioista kategoriat Muistaa, Ymmärtää ja Soveltaa määritellään alemman tason ajattelutaidoiksi. Näistä käytetään lyhennettä LOCS (*Lower-Order Cognitive Skills*). Ylemmän tason ajattelutaidoiksi määritellään kategoriat Analysoida, Arvioida sekä Luoda. Näistä lyhenteenä käytetään kirjainyhdistelmää HOCS (*Higher-Order Cognitive Skills*). Alemman tason ajattelutaidot määritellään yksinkertaiseksi tietämiseksi. Näiden taitojen katsotaan sisältävän esimerkiksi faktatiedon ulkoa muistamista, tutussa yhteydessä aikaisemmin opitun tiedon yksinkertaista soveltamista sekä yksinkertaisten mekaanisten laskutoimitusten rutiininomaista tekemistä. Korkeamman tason ajattelutaitoja edellyttävät tehtävät ovat usein monimutkaisempia ja vaativat muun muassa kriittisempää ajattelua, arvioiden tekemistä, ongelmanratkaisua sekä tiedon yhdistämistä tai uudelleen järjestämistä. (Zoller ja Pushkin, 2007)

### 4.3 Kognitiivinen kuormitusteoria

George A. Millerin kognitiivisen psykologian tutkimuksien perusteella on olemassa näyttöä siitä, että ihmisen lyhytkestoinen työmuisti pystyy käsittelemään vain rajallisen määrän informaatiota kerrallaan. Tarkalleen ihminen pystyy pitämään mielessään yhtäaikaaisesti noin seitsemän asiaa, plus miinus yksi tai kaksi. (Miller, 1956) John Swellerin julkaisema kognitiivinen kuormitusteoria (*Cognitive Load Theory, CLT*) rakentuu tämän ajatuksen ympärille. Kokeelliseen näyttöön perustuvan teorian mukaan liiallinen työmuistin kuormittaminen haittaa oppimista, ja opetus tulisiikin suunnitella siten, että oppilaan kognitiivinen taakka ei kasva liian suureksi. Kognitiivinen kuormitusteoria tarjoaakin oppilaan kognitiivisen kuorman vähentämiseen suunniteltuja vaihtoehtoisia tapoja opetuksen ohjaamiseen. (Sweller, 1988; Sweller et al., 2011)

Kognitiivinen taakka tai kognitiivinen kuorma, joka tehtävän suorittamiseen liittyy tarkoittaa sitä kognitiivista tiedon prosessoinnin määrää, jota tehtävän suorittaminen vaatii (Reif, 2010). Kognitiivinen kuormitusteoria erittelee työmuistia kuormittavan kognitiivisen taakan kolmeen eri osaan, eli sisäiseen kuormaan (*intrinsic cognitive load*), ulkoiseen kuormaan (*extraneous cognitive load*) ja piilevään kuormaan (*germane cognitive load*).

Sisäisellä kuormalla tarkoitetaan sitä kognitiivista kuormaa, jonka opiskeltava materiaali itsessään aiheuttaa. Se on siis seurausta opiskeltavan asian tiedollisista vaatimuksista sekä oppijan tasosta. Annetun tehtävän muuttaminen helpommaksi tai oppilaan aikaisemmin hankittu tietämys aiheesta voivat vähentää sisäisen kuorman suuruutta. Kuitenkaan ulkopuolelta tulevalla ohjauksella siihen ei voi vaikuttaa. (Paas et al., 2003; Sweller et al., 2011)

Ulkoisella kuormalla tarkoitetaan opetettavan asian esitystavasta aiheutuvaa kuormaa. Opetettavan asian selittäminen sanallisesti ja samalla sen rinnakkainen esittäminen esimerkiksi tekstinä on esimerkki opetustilanteesta, jossa ulkoinen kuorma voi olla liian suuri, etenkin jos opiskeltava asia on oppijan tasoon nähden liian haasteellinen. Tällöin oppijan huomio jakautuu tarpeettoman moneen epäolennaiseen seikkaan sen sijaan, että tämä pystyisi kiinnittämään huomionsa oppimisen kannalta olennaiseen asiaan. Toisin kuin sisäisen kuorman kohdalla, ulkoisen kuorman vähentämiseen voidaan vaikuttaa opetuksen huolellisella suunnittelulla. (Paas et al., 2003; Sweller et al., 2011)

Sisäinen ja ulkoinen kuorma ovat additiivisia. Sisäisen kuorman ollessa alhainen, ulkoisen kuorman suuruus ei ole niin merkityksellinen, sillä kognitiivisen kuorman kokonaismäärä ei ylitä työmuistin kapasiteettia. Toisin sanoen opetettavan asian esitystavasta aiheutuvan kognitiivisen kuorman vähentäminen on erityisen tärkeää silloin, kun suoritettavan tehtävän vaikeudesta aiheutuva sisäinen kuorma on suuri. (Paas et al., 2003) Ei tule kuitenkaan ajatella, että kognitiivinen kuormitusteoria ehdottaisi sisäisen ja ulkoisen kuorman vähentämistä opetuksessa täysin olemattomiksi. Onnistuneen oppimisprosessin tulee sisältää myös älyllistä ponnistelua, ja siten työmuistin kapasiteetin rajoissa pysyvän kognitiivisen kuorman voikin ajatella olevan oppimiselle hyödyksi.

Piilevän kuorman asema eroaa jokseenkin sisäisen ja ulkoisen kuorman asemasta. Näiden ollessa liian suuria oppiminen häiriintyy. Kuitenkin piilevän kuorman voidaan ajatella häiritsemisen sijaan tehostavan oppimista (Paas et al., 2003). Sisäisen ja ulkoisen kognitiivisen kuorman määritelmässä korostuu niiden yhteys opiskeltavan materiaalin luonteeseen; sen tiedolliseen vaatimustasoon tai sen esitystapaan. Piilevä kognitiivinen kuorma määritellään ainoastaan itse oppijalle tyypillisten piirteiden kautta. Se liittyy siihen, kuinka oppija yksilönä käsittelee oppimisen kohteena olevan asian. Sisäisen kuorman ollessa korkea ja ulkoisen kuorman ollessa alhainen, on piilevä kuorma korkea. Tällöin oppija käyttää suuremman osan työmuistinsa kapasiteetista oppimisen kohteena olevan materiaalin opiskeluun, ja oppiminen edistyy. Jos kuitenkin ulkoinen kuormitus kasvaa, tulee oppijan käyttää työmuistinsa kapasiteettia ulkoisiin häiritseviin tekijöihin, jotka eivät välttämättä ole oppimisprosessin kannalta olennaisia. Tällöin vähemmän huomiota saa olennainen oppimisen kohteena oleva materiaali, jolloin oppiminen häiriintyy, ja piilevä kuorma pienenee. Jos oppijan motivaation oletetaan olevan vakio, voidaankin todeta, että oppija itse ei pysty vaikuttamaan piilevän kuorman suuruuteen. (Sweller, 2010) Olennaisesti siihen vaikuttavat ohjeistuksen suunnittelu, oppijoilta vaadittavat oppimisaktiviteetit sekä tyyli, miten oppimisen kohteena oleva informaatio oppijoille esitetään (Paas et al., 2003).

Piilevän kuorman tarkoituksena on erityisesti skeemojen muodostaminen ja niiden automatisoiminen (Sweller et al., 1998). Skeemat ovat pitkäaikaiseen säilömuistiin järjestäytyneitä tietorakenteita, jotka

koostuvat elementeistä (Sweller, 1988). Sweller määrittelee elementin olevan jotain opittavissa olevaa tai jo opittua, kuten käsite tai proseduuri. Näiden elementtien vuorovaikutus vaikuttaa työmuistin kuormituksen suuruuteen. Oppimisen kohteena olevan tiedon luonne sekä oppijan tietorakenne määrittävät elementin koon. Esimerkiksi vasta lukemaan oppivalle tekstin jokainen luettu kirjain saattaa muodostaa yksittäisen elementin, kun jo edistyneemmälle lukijalle sanojen ja fraasien yhdistelmät tai lyhyet lauseet muodostavat prosessoitavan elementin. Toisin sanoen toiselle oppijalle monen elementin muodostama vuorovaikuttava kokonaisuus saattaa toiselle oppijalle olla vain yksi elementti. (Sweller, 2010)

Työmuisti, missä kaikki tietoinen kognitiivinen prosessointi tapahtuu, pystyy käsittelemään vain hyvin rajallisen määrän uusia vuorovaikuttavia elementtejä kerrallaan. Kuitenkin pitkäaikaisen säilömuistin avulla prosessointikykyä on mahdollista kehittää. Säilömuistiin on mahdollista säilöä suurikin määrä skeemoiksi yhdistyneitä tiedonelementtejä, josta ne voidaan tarpeen tullen tuoda työmuistin käsiteltäväksi. Kun useampi elementti on luokiteltu yhdeksi tietyn funktion omaavaksi skeemaksi, pystyy työmuisti käsittelemään tätä skeemaa yhtenä elementtinä sen sijaan, että sen tulisi prosessoida jokaista elementtiä erikseen. Tämän lisäksi kognitiivista taakkaa vähentää edelleen toistojen seurauksena omaksuttu skeemojen automatisointi, eli kyky prosessoida skeemoja tiedostamatta. Tätä kautta ihmisen kognitiivinen rakenneperiaate (*cognitive architecture*) pystyy käsittelemään materiaalia, jonka monimutkaisuus näyttäisi ensin ylittävän työmuistin kapasiteetin. (Paas et al., 2003)

Kognitiivisen kuormitusteorian mukaan elementtien välinen vahva tai heikko vuorovaikutus on kognitiivisen kuorman suuruutta määrittävä tekijä. Elementtien vuorovaikutuksen ollessa heikko, on yksittäinen elementti mahdollista oppia ilman yhteyttä muihin elementteihin. Esimerkkinä tästä Sweller antaa kemian alkuaineiden symbolien opiskelun. Tehtävä voi tuntua hankalalta, sillä symboleita on hyvin monta, mutta kognitiivinen taakka on kuitenkin alhainen, sillä jokainen symboli on mahdollista oppia ilman yhteyttä muihin symboleihin. Esimerkkinä vahvasta elementtien vuorovaikutuksesta Sweller antaa ongelman, jonka tarkoituksena on ratkaista tekijä  $a$  lausekkeesta  $(a+b)/c=d$ . Tehtävää ei ole mahdollista ratkaista ilman jokaisen elementin tarkastelua työmuistissa yhtäaikaaisesti. Työmuistin kognitiivinen taakka on tämänkaltaisen tehtävän kohdalla suuri. (Sweller, 2010)

Esimerkit eksperttien ja noviisien välillä tuovat skeemoille vielä yhden ulottuvuuden lisää. Swellerin mukaan nimenomaan skeemat ovat se tekijä, joka erottaa ekspertit noviiseista ongelmanratkaisutaidoissa. Eksperttien ratkaistessa ongelmanratkaisutehtävää, he pystyvät tunnistamaan aikaisemman kokemuksensa perusteella ongelman luonteen, ja siten osaavat valita

suoraan sopivat yhtälöt ratkaisun etenemiseen. Eksperteillä on siis hallussaan skeemoja, jotka toistojen seurauksena ovat kenties jo automatisoituneet, ja siten ohjaavat heidän käyttäytymistään kuormittamatta liikaa työmuistia. Nämä skeemat auttavat heitä tunnistamaan oikeat siirrot ongelman ratkaisemiseksi. Aikaisemman kokemuksen ja monien toistojen kautta he ovat luokitelleet samankaltaisia ongelmia ja niiden ratkaisuja omiin kategorioihin. Noviisit, joilla ei ole hallussaan näitä skeemoja eivät pysty tunnistamaan tai muistamaan ongelmien konfiguraatioita, ja heidän on ratkaistava ongelmat käyttäen yleisempiä ongelmanratkaisu strategioita, kuten keino-päämäärä-analyysiä. Uuden asian käsitteleminen vaatii noviiseilta monien elementtien samanaikaista kognitiivista prosessointia työmuistissa niin kauan, kunnes käsiteltävästä asiasta muodostuu skeema. Noviisien kohdalla kognitiivisen taakan vähentäminen olisikin siis erityisen tärkeää, jotta skeemoja pääsisi muodostumaan useammin. (Sweller, 1988)

## 5. Tutkimuksen menetelmät

### 5.1 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Koulutuksellinen tasa-arvo ei toteudu, jos esimerkiksi opiskelijan sukupuolella, asuinpaikalla tai äidinkielellä on vaikutusta opinnoissa menestymiseen. Opiskelijan tausta ei saisi ennustaa sitä, mihin koulutukseen tämä hakeutuu ja kuinka siinä menestyy. Kuitenkin tällä hetkellä vahvasti kirjalliseen osaamiseen perustuvan lukiokoulutuksen on ollut haasteellista vastata vieraskielisen opiskelijan kielitaitoon liittyviin erityispiirteisiin. Opetuksessa esiin nousseet haasteet korostuvat esimerkiksi lukiokoulutuksen päättävissä ylioppilaskirjoituksissa.

Oppitunneilla on mahdollista hyödyntää hyvinkin monipuolista osaamisen arviointia. Opiskelijan osaamista voidaan arvioida esimerkiksi summatiivisella kurssikokeella, formatiivisesti opiskelijan itsearvioinnilla tai opiskelijan suulliseen esitykseen perustuvalla arvioinnilla. Ylioppilaskokeissa arviointi perustuu vain opiskelijan menestymiseen kullekin oppiaineelle tyypillisten tehtävien ratkaisemisessa. Puutteellisella kielitaidolla voi olla merkittäväkin vaikutus esimerkiksi tehtävänannon ymmärtämisessä sekä vastauksen laadinnassa. Ylioppilastutkintolautakunnan mukaan (2021b) mukaan ylioppilaskirjoituksissa kypsyyttä osoittava vastaus on jäsennelty, asiasisällöltään johdonmukainen kokonaisuus, mikä fysiikan tapauksessa tarkoittaa muun muassa syyseuraussuhteiden asianmukaista tarkastelua eri näkökulmista, esitettyjen väitteiden perustelemista selkeästi sekä tarkastelun kohteena olevan fysikaalisen ilmiön ja tähän liittyvien käsitteiden sekä suureyhtälöiden selittämistä.

On siis perusteltua olettaa, että opiskelijan kielitaidolla on vaikutusta tämän ratkaistessa fysiikan tehtäviä. Tämän tutkimuksen tavoitteena onkin tarkastella, kuinka lukiolaisen suomen kielen taito vaikuttaa fysiikan tehtävien ratkaisuihin. Asiaa lähestytään seuraavan kolmen tutkimuskysymyksen kautta:

1. Minkälaisia opiskelijoiden ratkaisemat oppikirjatehtävät sekä opettajan antamat tuntitehtävät ovat kognitiiviselta vaatimustasoltaan?
2. Minkälaisiin laadullisiin kategorioihin opiskelijoiden vastaukset voidaan luokitella, ja minkälaista kielellisten virheiden sekä tieteellisten termien esiintyminen on vastauksissa?
3. Miten kielelliset virheet ja tieteellisten termien käyttäminen korreloivat vastauksen laadun kanssa?

## 5.2 Tutkimuksen aineisto ja sen analysointi

Tämän aineistolähtöisen tutkimuksen analysoinnin painopiste on luokittelussa, joten tutkimus on siten luonteeltaan laadullinen. Tutkimuksen aineisto kerättiin keväällä 2020 Helsingin kielilukion ensimmäisen vuoden fysiikan opiskelijoilta. Opiskelijat suorittivat tällöin etänä FY2 – Lämpö -kurssia. Opetuksessa noudatettiin vuonna 2016 käyttöön otettua lukion opetussuunnitelman perusteita. Aineisto kerättiin yhteensä 29 opiskelijalta. Koska tässä tutkimuksessa ei ollut tarkoitus vertailla äidinkielenään suomea puhuvien opiskelijoiden ja vieraskielisten opiskelijoiden välisiä eroja, ei aineistonkeruun yhteydessä koettu tarpeelliseksi kysyä opiskelijan äidinkieltä. Tämä tutkimus fokusoituu yleisesti tutkimaan sitä, kuinka lukiolaisen suomen kielen taito vaikuttaa fysiikan tehtävien ratkaisemiseen.

Tutkimuslupa pyydettiin keväällä 2020. Koska tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden identifiointi ei ole mahdollista, tutkimusluvaksi riitti Helsingin kielilukion rehtorin antama lupa.

Tutkimuksen aineistona toimii Fysiikka 2 Lämpö (Sanoma Pro) -oppikirjan tehtävät, opettajan laatimat tuntitehtävät sekä opiskelijoiden vastaukset näihin tehtäviin. Analysoiduista tehtävistä osa on opettajan vahvasti suosittelemia tehtäviä ja osa opiskelijoiden itsensä valitsemia tehtäviä.

Aineiston analysointi toteutettiin kahdessa osassa. Ensimmäiseksi luokiteltiin aineiston tehtävien tehtävänannot Andersonin ja Krathwohlin taksonomiataulun soluihin. Toiseksi opiskelijoiden vastaukset luokiteltiin niiden laadun perusteella neljään eri kategoriaan. Luvussa 5.2.1 kuvataan tehtävien analysointi vielä tarkemmin, ja luvussa 5.2.2 kuvataan tarkemmin opiskelijoiden vastausten analysointia.

### 5.2.1 Tehtävien analysointi

Analysoituja tehtäviä oli yhteensä 91, joista seitsemänkymmentä oli oppikirjan tehtäviä (Liite 1) ja 21 opettajan antamia tuntitehtäviä (Liite 2). Tapauksissa, joissa tehtävä oli jaoteltu esimerkiksi a-, b- ja c-kohtiin, tarkasteltiin näitä alakohtia erillisinä tehtävinä, jos ne olivat luonteeltaan hyvin erilaisia. Jos esimerkiksi tehtävän a-kohdassa oli tarkoitus määritellä käsite, ja b-kohdassa ratkaista laskutehtävä, käsiteltiin tehtävää analysoinnin helpottamiseksi kahtena erillisenä tehtävänä.

Aineistosta karsittiin pois alle kahdeksan opiskelijan tekemät tehtävät. Ainuttakaan analysoitua tehtävää ei ollut tehnyt yli 24 opiskelijaa. Kunkin tehtävän oli siis vähintään tehnyt kahdeksan opiskelijaa ja enintään 24 opiskelijaa. Tehdyksi tehtäväksi määriteltiin tehtävä, johon opiskelija oli antanut jonkin selkeän vastauksen. Esimerkiksi tyhjiä vastauksia, vastauksia, joihin opiskelija oli

kopioinut ainoastaan tehtävänannon tai vastauksia, joissa opiskelija totesi vain, ettei ymmärtänyt tehtävää ei laskettu tehdyiksi tehtäviksi.

Kaikki 91 tehtävää luokiteltiin Andersonin ja Krathwohlin tiedon sekä kognitiivisen prosessin dimensioiden määritelmien mukaan taksonomiatauluun eri soluihin. Luokittelemalla tehtävät Andersonin ja Krathwohlin taksonomiatauluun oli mahdollista tarkastella opiskelijoiden ratkaisemien tehtävien kognitiivista vaatimustasoa.

### 5.2.2 Opiskelijoiden vastausten analysointi

Opiskelijoiden vastaukset tehtäviin kerättiin anonymisti MAOLin Läksyvihko-palvelun avulla, joten kaikki opiskelijoiden vastaukset olivat siis sähköisessä muodossa. Yhteensä aineiston tehtäviin annettuja analysoituja vastauksia oli 1394. Opiskelijoilla oli pääsy oppikirjan tehtävien malliratkaisuihin. Koska vastausten luokittelu ainoastaan oikeiksi tai vääriksi osoittautui aineistoon perehtymisen jälkeen liian mustavalkoiseksi, määriteltiin vastausten luokitteluun neljä eri laadullista kategoriaa, joiden ajateltiin paremmin kuvaavan opiskelijoiden vastauksia. Nämä kategoriat ovat *Rikas vastaus*, *Puutteellinen vastaus*, *Heikko vastaus* ja *Kopioitu vastaus*. Kaikki 1394 vastausta luokiteltiin yhteen näistä kategorioista.

Rikkaaksi vastaukseksi luokiteltiin vastaus, jossa opiskelija oli antanut oikean ratkaisun ja perustellut sen tarvittaessa riittävän laajasti. Jos ratkaisun perustelu oli virheetön, mutta itse lopullinen vastaus väärä, luokiteltiin vastaus silti luokkaan Rikas vastaus. Tällöin vastauksesta tuli ilmetä, että opiskelija oli selkeästi hahmottanut oikein tehtävän ratkaisemiseen vaaditut elementit. Rikkaaksi vastaukseksi luokiteltiin esimerkiksi ratkaisu, jossa opiskelija oli osannut käyttää fysikaaliseen lakiin liittyviä yhtälöitä, ratkaissut tuntemattoman suureen yhtälöstä ja sijoittanut tunnetut suuret lopulliseen yhtälöön, mutta antanut väärän lukuarvon lopulliseksi vastaukseksi. Kyseisessä esimerkissä opiskelija oli selkeästi hahmottanut oikein tehtävän ratkaisemiseen vaaditut elementit, ja lukuarvovirhe aiheutunut todennäköisesti inhimillisestä laskimen näppäilyvirheestä.

Puutteelliseksi vastaukseksi luokiteltiin vastaus, jossa opiskelija oli antanut oikean ratkaisun mutta vaaditusta perustelusta puuttui joitain oleellisia elementtejä. Myös vastaus, jossa opiskelija oli aloittanut tehtävän oikein, mutta ei ollut saanut sitä loppuun tai ilmaissut selkeästi lopullista vastausta luokiteltiin luokkaan Puutteellinen vastaus.

Heikoksi vastaukseksi luokiteltiin vastaus, jossa opiskelija oli antanut joko oikean tai väärän vastauksen ilman minkäänlaisia vaadittuja perusteluita, tai perustelut vastaukselle olivat täysin väärät. Heikoksi vastaukseksi luokiteltiin siis vastaus, josta selkeästi ilmeni, että oppilas ei ollut hahmottanut



tehtävän ratkaisemiseen vaadittuja elementtejä, jolloin vastaus oli kokonaan väärin tai muodostui enimmäkseen vääristä elementeistä.

Kopioituksi vastaukseksi luokiteltiin vastaus, jossa opiskelija oli kopioinut kokonaan tai huomattavan osan ratkaisustaan oppikirjan tekstistä, malliratkaisusta tai Wikipediasta. Kirjantekijöiden malliratkaisuista löytyi usein yhtälöiden lisäksi sanallisia selityksiä, joissa todettiin esimerkiksi fysikaalisen lain pätevyysalue, lueteltiin mahdollisia oletuksia tai muuten perusteltiin yhtälön käyttöä. Vastaus, jossa opiskelija oli kopioinut ratkaisunsa yhtälöiden lisäksi myös sanalliset selitykset, luokiteltiin luokkaan Kopioitu vastaus. On kuitenkin mahdollista, että opiskelija oli kopioinut malliratkaisusta vain yhtälöt, lukuarvojen sijoitukset ja lopullisen vastauksen. Tällaisen vastauksen kohdalla ei voitu aina varmaksi todeta, että opiskelija oli kopioinut vastauksensa malliratkaisusta. Näissä tapauksissa vastaus luokiteltiin luokkaan Rikas vastaus, jos ratkaisu sellaisenaan täytti rikkaan vastauksen ehdot.

Opiskelijoiden vastauksista laskettiin lisäksi kielellisten virheiden sekä oikein käytettyjen tieteellisten termien määrä. Kielelliseksi virheeksi laskettiin kirjoitusvirheet (esimerkiksi yhdyssanavirhe tai väärä kirjain sanassa), epäselvästi tai kömpelösti muotoiltu lause (esimerkiksi *"Negatiivista potentiaalienergiaa voi kyllä olla, sillä maapallon ja kuun välinen gravitaatioenergia vetää sekä hylkää."*) ja väärän sanan käyttäminen väärässä yhteydessä (esimerkiksi *"lämpötila lämpenee"*). Virheitä pilkkujen ja isojen tai pienten alkukirjainten käytössä ei huomioitu kielellisiä virheitä tarkasteltaessa. Myöskään virheitä yhtälöiden kirjoituksissa ei laskettu kielellisiksi virheiksi, vaan ne huomioitiin vastauksen laadun luokittelussa.

Oikein käytetyksi tieteelliseksi termiksi määriteltiin sellainen tieteellinen termi, jota opiskelija oli osannut käyttää oikein oikeassa yhteydessä. Jos termi oli kirjoitettu väärin, mutta sen käyttö muuten sopi asiayhteyteen, laskettiin termi oikein käytetyksi. Esimerkiksi oikein käytetyksi tieteelliseksi termiksi laskettiin *"enegria"*. Tässä tapauksessa opiskelija oli selkeästi tarkoittanut sanaa *energia*. Kirjoitusvirhe otettiin tällaisissa tilanteissa huomioon kielellisenä virheenä. Kuitenkin jos termi oli kirjoitettu väärin siten, että se muuttui merkitykseltään kokonaan toiseksi sanaksi, ei termiä laskettu oikein käytetyksi tieteelliseksi termiksi (esimerkiksi kolmoispiste  $\rightarrow$  *"kolmiopiste"*, kosketusvoima  $\rightarrow$  *"kosteusvoima"*, paino  $\rightarrow$  *"paine"*).

## 6. Tutkimustulokset

Tämän luvun tavoitteena on kuvata tutkimuksen tulokset. Luvussa 6.1 esitetään tulokset aineiston tehtävien tehtävänantojen luokitteluun pohjautuvasta analyysistä, ja tarkastellaan sitä, minkälaisia aineiston tehtävät olivat kognitiiviselta vaatimustasoltaan. Luvussa 6.2 tarkastellaan opiskelijoiden vastausten laatua sekä kielellisten virheiden ja oikein käytettyjen tieteellisten termien esiintymistä vastauksissa. Luvussa 6.3 tarkastellaan korrelaatiota opiskelijoiden vastausten laadun sekä vastauksissa käytetyn kielen välillä.

Tulosten kuvaamisessa on käytetty yleisiä tilastomenetelmiä, kuten frekvenssin, suhteellisen frekvenssin ja keskiarvon laskemista. Frekvenssillä ( $f$ ) tarkoitetaan tutkittavan ilmiön lukumäärää (Tilastokeskus, 2021a), ja suhteellisella frekvenssillä ( $f\%$ ) tarkoitetaan näiden tapausten suhdetta tapausten kokonaismäärään (Tilastokeskus, 2021c). Keskiarvo ilmoittaa muuttujan jakauman keskikohdan mitatulla ulottuvuudella (Tilastokeskus, 2021b).

### 6.1 Opiskelijoiden ratkaisemien fysiikan tehtävien kognitiivinen vaatimustaso

Opiskelijoiden ratkaisemat oppikirjatehtävät sekä opettajan antamat tuntitehtävät luokiteltiin niiden tehtävänantojen perusteella Andersonin ja Krathwohlin taksonomiatauluun (Taulukko 5). Soluissa näkyvät numerot kuvaavat kyseiseen soluun luokiteltujen tehtävien lukumäärää.

*Taulukko 5. Aineiston tehtävien sijoittuminen taksonomiatauluun.*

TIEDON TASO	AJATTELUN TASOT (KOGNITIIVINEN PROSESSI)					
	1. MUISTAA	2. YMMÄRTÄÄ	3. SOVELTAA	4. ANALYSOIDA	5. ARVIOIDA	6. LUODA
A. FAKTATIETO	1					
B. KÄSITETIETO	1	43		1		
C. MENETELMÄTIETO		3	41		1	
D. METAKOGNITIIVINEN TIETO						

Luokittelun perusteella tehtävät näyttäisivät selkeimmin edustavan 2B- ja 3C-tehtävätyyppejä. Hieman pelkistetyn jaotellun mukaan 2B-tehtävätyyppien voidaan ajatella tyypillisimmin edustavan käsitteen määrittelyä tai ilmiöiden selittämistä sisältäviä tehtäviä. 3C-tehtävät edustavat

tyypillisimmin laskutehtäviä sekä yksinkertaisia kuvaajien piirto- tai tulkitsemistehtäviä. Soluihin 1A, 1B, 2C, 4B ja 5C luokiteltiin yhdestä kolmeen tehtävää. Nämä tehtävät olivat esimerkiksi yksinkertaisia suureiden tunnistamistehtäviä tai liittyivät esimerkiksi annetun fysikaalisen tilanteen tulkitsemiseen ja analysoimiseen. Muihin soluihin tehtäviä ei luokiteltu lainkaan.

Taulukkoon luokitelluista 91 tehtävästä 89 tehtävää luokiteltiin kognitiivisen prosessin alemman tason dimensioihin eli joihinkin luokista 1-3. Analysoiduista tehtävistä vain kaksi luokiteltiin kognitiivisen prosessin ylemmän tason dimensioihin, joista kumpikaan ei yltänyt korkeimmalle kognitiivisen prosessin tasolle eli luokkaan 6. Alimmalle kognitiivisen prosessin tasolle, eli luokkaan 1 luokiteltiin vain kaksi tehtävää. Aineiston tehtävistä ei lisäksi löytynyt ainuttakaan tiedon tasoista metakognitiivista tietoa sisältävää tehtävää. Ainoastaan yksi aineiston tehtävistä edellytti vain faktatiedon osaamista. Oppikirjatehtävät sekä opettajan antamat tuntitehtävät sijoittuvat taulukossa siis vahvimmin ajattelun tasoilla vasemmalle ja tiedon tasoilla keskivaiheille. Tehtävät ovat siten luonteeltaan enimmäkseen yksinkertaista tietämistä vaativia tehtäviä, eivätkä kognitiivisesti ole erityisen vaativia.

## **6.2 Opiskelijoiden vastausten laatu ja kielellisten virheiden sekä oikein käytettyjen tieteellisten termien esiintyminen vastauksissa**

Opiskelijoiden vastaukset luokiteltiin luokkiin Rikas vastaus, Puutteellinen vastaus, Heikko vastaus ja Kopioitu vastaus. Lisäksi opiskelijoiden vastauksista laskettiin kielellisten virheiden sekä oikein käytettyjen tieteellisten termien lukumäärä. Tulosten tarkastelussa 2B-soluun luokitelluista tehtävistä käytetään nimitystä *2B-tehtävä* ja 3C-soluun luokitelluista tehtävistä käytetään nimitystä *3C-tehtävä*. Tulosten tarkastelun helpottamisen vuoksi oli järkevää yhdistää muihin kuin 2B- tai 3C-soluihin luokitellut tehtävät omaksi luokakseen. Muihin soluihin (solut 1A, 1B, 2C, 4B ja 5C) luokitelluista tehtävistä käytetäänkin siis nimitystä *Muu tehtävä*.

Taulukossa 6 on esitetty tulokset opiskelijoiden antamien vastausten luokittelusta laadullisiin kategorioihin. Taulukossa on myös tarkasteltu laadultaan erilaisten vastausten esiintymistä 2B-tehtävissä, 3C-tehtävissä sekä muissa tehtävissä. Esiintymistä tutkittiin laskemalla annettujen vastausten frekvenssit ja suhteelliset frekvenssit.

Taulukko 6. Rikkaiden, puutteellisten, heikkojen ja kopioitujen vastausten esiintyminen 2B-tehtävien, 3C-tehtävien sekä muiden tehtävien kohdalla.

Vastauksen luokka	Rikkaat vastaukset		Puutteelliset vastaukset		Heikot vastaukset		Kopioidut vastaukset		Kaikki vastaukset	
Frekvenssit	f	f (%)	f	f (%)	f	f (%)	f	f (%)	f	f (%)
<b>2B-tehtävät</b>	259	38,2	132	19,5	158	23,3	129	19,0	678	100
<b>3C-tehtävät</b>	387	61,1	71	11,2	141	22,3	34	5,4	633	100
<b>Muut tehtävät</b>	33	39,8	27	32,5	16	19,3	7	8,4	83	100
<b>Kaikki tehtävät</b>	679	48,7	230	16,5	315	22,6	170	12,2	1394	100

Analysoituja vastauksia oli kaiken kaikkiaan 1394. Näistä 48,7% luokiteltiin luokkaan Rikas vastaus. Kuitenkin yli kolmasosa vastauksista luokiteltiin luokkaan Heikko vastaus tai Kopioitu vastaus. Eniten heikkoja ja kopioituja vastauksia oli annettu 2B-tehtäviin, joista yhteensä jopa 42,3% vastauksista oli luokiteltu näihin luokkiin. 3C-tehtävien kohdalla tuo osuus oli 27,7%, josta vain pieni osa luokiteltiin kopioiduiksi vastauksiksi. Lisäksi 3C-tehtäviin rikkaita vastauksia oli annettu huomattavasti enemmän kuin 2B-tehtäviin. 3C-tehtävien vastauksista yli 60% oli rikkaita ja 2B-tehtävien vastauksista rikkaaksi luokiteltiin 38,2 %. Taulukon 5 perusteella muut tehtävät näyttäisivät olevan ikään kuin läpileikkaus kaikista aineiston tehtävistä. Näihin tehtäviin annettujen vastausten luokittelu näyttäisikin rikkaiden ja puutteellisten vastausten kohdalla edustavan paremmin 2B-tehtäviin annettujen vastausten luokittelua ja heikkojen ja kopioitujen vastausten kohdalla paremmin 3C-tehtäviin annettujen vastausten luokittelua. Kuitenkin muihin tehtäviin oli annettu yhteensä vain 83 vastausta, kun taas 2B-tehtäviin oli annettu 678 ja 3C-tehtäviin 633 vastausta. Muiden tehtävien vastausten vertailu 2B- ja 3C-tehtäviin ei siis varsinaisesti tuo lisäarvoa tuloksiin.

Taulukossa 7 on esitetty tulokset kielellisten virheiden sekä oikein käytettyjen tieteellisten termien esiintymisestä vastauksissa. Kielellisten virheiden sekä oikein käytettyjen tieteellisten termien määrä laskettiin kaikista aineiston tehtäviin annetuista vastauksista. Lisäksi taulukkolaskentaohjelman (Excel) avulla laskettiin kielellisten virheiden sekä oikein käytettyjen tieteellisten termien keskimääräinen esiintyminen jokaista 2B-tehtävään, 3C-tehtävään ja muuhun tehtävään annettua vastausta kohden.

Taulukko 7. Kielellisten virheiden ja tieteellisten termien esiintyminen opiskelijoiden vastauksissa.

	Kielellisten virheiden määrä (f)	Kielellisten virheiden määrä per vastaus	Oikein käytettyjen tieteellisten termien määrä (f)	Oikein käytettyjen tieteellisten termien määrä per vastaus
<b>2B-tehtävät</b>	773	1,14	4599	6,78
<b>3C-tehtävät</b>	56	0,09	515	0,81
<b>Muut tehtävät</b>	78	0,94	526	6,34
<b>Kaikki tehtävät</b>	907	0,65	5640	4,05

Selkeästi suurin osa kielellisistä virheistä annettiin 2B-tehtävien vastauksissa. Keskimäärin jokaisessa 2B-tehtävään annetussa vastauksessa esiintyi hieman yli yksi kielellinen virhe. 3C-tehtäviin annetuissa vastauksissa kielellisiä virheitä ei esiintynyt juuri lainkaan. Tieteellisten termien esiintyminen oli myös huomattavasti yleisempää 2B-tehtäviin annetuissa vastauksissa, joista vastausta kohden löytyi keskimäärin lähes seitsemän oikein käytettyä tieteellistä termiä. 3C-tehtäviin annetuissa vastauksissa oikein käytettyjä tieteellisiä termejä esiintyi keskimäärin alle yksi vastausta kohden. Muihin tehtäviin annettujen vastausten kielellisten virheiden sekä oikein käytettyjen tieteellisten termien esiintyminen näyttäisi tässä tapauksessa noudattavan paremmin 2B-tehtäviin annettujen vastausten analyysii.

### 6.3 Opiskelijan vastauksessa käyttämän kielen korreloiminen vastauksen laadun kanssa

Korrelaation esiintymistä tutkittiin jakamalla opiskelijat eri luokkiin heidän vastauksiinsa esiintyneiden kielellisten virheiden sekä oikein käytettyjen tieteellisten termien perusteella. Kielellisten virheiden esiintymisen perusteella opiskelijat jaettiin kahteen luokkaan: Ensimmäiseen luokkaan luokiteltiin opiskelijat, joiden vastauksissa esiintyi keskimäärin 0,65 tai enemmän kuin 0,65 kielellistä virhettä vastausta kohden. Toiseen luokkaan luokiteltiin opiskelijat, joiden vastauksissa esiintyi keskimäärin alle 0,65 kielellistä virhettä vastausta kohden. Ensimmäiseen luokkaan luokiteltiin yhteensä 15 opiskelijaa ja toiseen 14 opiskelijaa. Luokittelu tehtiin luvun 0,65 perusteella,

sillä kaikista aineiston vastauksista kielellisiä virheitä vastausta kohden esiintyi keskimäärin 0,65 (Taulukko 7). Tulosten tarkastelun helpottamisen vuoksi ensimmäisen luokan opiskelijoista puhutaan opiskelijoina, joiden vastauksissa kielellisiä virheitä esiintyi paljon, ja toisen luokan opiskelijoista puhutaan opiskelijoina, joiden vastauksissa kielellisiä virheitä esiintyi vähän.

Myös oikein käytettyjen tieteellisten termien kohdalla opiskelijat jaettiin kahteen luokkaan sen mukaan, ylittikö vai alittiko heidän vastauksissaan esiintyneiden oikein käytettyjen tieteellisten termien lukumäärä keskimääräisen esiintymisen. Keskimäärin analysoiduissa vastauksissa oikein käytettyjä tieteellisiä termejä esiintyi vastausta kohden 4,05 (Taulukko 7). Ensimmäiseen luokkaan jaoteltiin siis opiskelijat, joilla oikein käytettyjä tieteellisiä termejä vastausta kohden oli keskimäärin 4,05 tai enemmän kuin 4,05. Toiseen luokkaan jaoteltiin opiskelijat, joilla oikein käytettyjä tieteellisiä termejä vastausta kohden oli keskimäärin alle 4,05. Ensimmäiseen luokkaan luokiteltiin yhteensä 13 opiskelijaa ja toiseen luokkaan luokiteltiin 16 opiskelijaa. Myös näiden yhteydessä tulosten tarkastelun helpottamiseksi ensimmäisen luokan opiskelijoista puhutaan opiskelijoina, joiden vastauksissa oikein käytettyjä tieteellisiä termejä esiintyi paljon, ja toisen luokan opiskelijoista puhutaan opiskelijoina, joiden vastauksissa oikein käytettyjä tieteellisiä termejä esiintyi vähän.

Taulukossa 8 on esitetty tulokset siitä, kuinka kielellisten virheiden ja oikein käytettyjen tieteellisten termien lukumäärien perusteella jaoteltujen opiskelijoiden vastaukset jakautuivat rikkaisiin, puutteellisiin, heikkoihin ja kopioituihin vastauksiin. Taulukon kahdessa ensimmäisessä rivissä ovat kielellisten virheiden esiintymisen perusteella jaoteltujen opiskelijoiden vastausten luokittelu. Kahdessa viimeisessä rivissä näkyvät oikein käytettyjen tieteellisten termien esiintymisen perusteella jaoteltujen opiskelijoiden vastausten luokittelu.

*Taulukko 8. Vastausten kielellisten virheiden ja oikein käytettyjen tieteellisten termien määrän korreloiminen vastauksen laadun kanssa.*

<b>Vastauksen luokka</b>	<b>Rikkaat vastaukset</b>		<b>Puutteelliset vastaukset</b>		<b>Heikot vastaukset</b>		<b>Kopioidut vastaukset</b>		<b>Kaikki vastaukset</b>	
<b>Frekvenssit</b>	f	f (%)	f	f (%)	f	f (%)	f	f (%)	f	f (%)
<b>Opiskelijat, joilla kielellisiä virheitä per vastaus keskimäärin 0,65 tai enemmän kuin 0,65 (n=15).</b>	288	45,1	107	16,8	164	25,7	79	12,4	638	100
<b>Opiskelijat, joilla kielellisiä virheitä per vastaus keskimäärin alle 0,65 (n=14).</b>	391	51,7	123	16,3	151	20,0	91	12,0	756	100
<b>Opiskelijat, joilla oikein käytettyjä tieteellisiä termejä per vastaus keskimäärin 4,05 tai enemmän kuin 4,05 (n=13)</b>	290	52,7	57	10,4	75	13,6	128	23,3	550	100
<b>Opiskelijat, joilla oikein käytettyjä tieteellisiä termejä keskimäärin alle 4,05 (n=16)</b>	389	46,1	173	20,5	240	28,4	42	5,0	844	100
<b>Kaikki opiskelijat (n=29)</b>	679	48,7	230	16,5	315	22,6	170	12,2	1394	100

Tulosten mukaan opiskelijoilta, joilta kielellisiä virheitä löytyi paljon, vastauksista rikkaita oli 45,1% ja heikkoja 25,7%. Niiltä opiskelijoilta, joilta kielellisiä virheitä löytyi vähemmän, oli vastauksista keskimäärin 51,7% rikkaita ja 20% heikkoja. Puutteellisten vastausten sekä kopioitujen vastausten

kohdalla erot näiden kahden opiskelijaryhmän välillä olivat vain noin puolen prosentin luokkaa.

Opiskelijoilla, joilla oikein käytettyjä tieteellisiä termejä esiintyi vastauksissa paljon, oli vastauksista keskimäärin 52,7% rikkaita ja 13,6% heikkoja. Niillä opiskelijoilla, joilla oikein käytettyjä tieteellisiä termejä vastauksissa esiintyi vähän vastauksista keskimäärin 46,1% luokiteltiin rikkaaksi ja 28,4% heikoksi. Kun tarkastellaan kopioituja vastauksia, tulosten mukaan niillä opiskelijoilla, joilla oikein käytettyjä tieteellisiä termejä vastauksista löytyi paljon, oli vastauksista lähes neljäsosa kopioituja. Niillä opiskelijoilla, joilla oikein käytettyjä tieteellisiä termejä löytyi vastauksista vähän vain 5% vastauksista oli kopioituja.

Korrelaatiota vastauksen laadun ja opiskelijan käyttämän kielen välillä esiintyy siis jonkin verran, kun tarkastellaan opiskelijan tekemiä kielellisiä virheitä ja oikein käytettyjen tieteellisten termien lukumäärää. Korrelaatio näyttäisi kuitenkin olevan vahvempaa, kun tarkastellaan vain tieteellisten termien käyttämistä, sillä suhteellisten frekvenssien erot ovat tällöin suuremmat.

Korrelaatiota etsittiin myös kielellisten virheiden ja oikein käytettyjen tieteellisten termien välillä. Haluttiin siis vielä tarkastella tarkoittaako suuri kielellisten virheiden esiintyminen vähäistä oikein käytettyjen tieteellisten termien esiintymistä. Taulukossa 9 näkyvät tulokset tästä. Opiskelijoiden luokittelussa on käytetty samanlaista jaottelua, kuin taulukossa 8.



Taulukko 9. Kielellisten virheiden korreloiminen oikein käytettyjen tieteellisten termien kanssa.

	<b>Kielellisten virheiden määrä (f)</b>	<b>Kielellisten virheiden määrä per vastaus</b>	<b>Oikein käytettyjen tieteellisten termien määrä (f)</b>	<b>Oikein käytettyjen tieteellisten termien määrä per vastaus</b>
<b>Opiskelijat, joilla kielellisiä virheitä per vastaus keskimäärin 0,65 tai enemmän kuin 0,65 (n=15).</b>	591	0,93	2534	3,97
<b>Opiskelijat, joilla kielellisiä virheitä per vastaus keskimäärin alle 0,65 (n=14).</b>	316	0,42	3106	4,12
<b>Opiskelijat, joilla oikein käytettyjä tieteellisiä termejä per vastaus keskimäärin 4,05 tai enemmän kuin 4,05 (n=13)</b>	309	0,56	3026	5,50
<b>Opiskelijat, joilla oikein käytettyjä tieteellisiä termejä keskimäärin alle 4,05 (n=16)</b>	598	0,71	2614	3,10
<b>Kaikki opiskelijat (n=29)</b>	907	0,65	5640	4,05

Tulosten mukaan paljon kielellisiä virheitä tekevillä opiskelijoilla kielellisiä virheitä vastausta kohden esiintyi keskimäärin 0,93. Oikein käytettyjä tieteellisiä termejä vastausta kohden näillä

opiskelijoilla oli keskimäärin 3,97. Niillä opiskelijoilla, jotka kielellisiä virheitä tekivät vähemmän, esiintyi kielellisiä virheitä vastausta kohden keskimäärin 0,42 ja oikein käytettyjä tieteellisiä termejä vastausta kohden keskimäärin 4,12.

Opiskelijoilla, joilla oikein käytettyjä tieteellisiä termejä vastauksissa esiintyi paljon, löytyi kielellisiä virheitä vastausta kohden keskimäärin 0,56 ja oikein käytettyjä tieteellisiä termejä vastausta kohden keskimäärin 5,50. Niillä opiskelijoilla, joilla oikein käytettyjä tieteellisiä termejä vastauksista löytyi vähän, kielellisiä virheitä vastausta kohden oli keskimäärin 0,71 ja oikein käytettyjä tieteellisiä termejä vastausta kohden keskimäärin 3,10.

Tulosten perusteella kielellisten virheiden ja oikein käytettyjen tieteellisten termien välillä näyttäisi siis löytyvän korrelaatiota. Niiltä opiskelijoilta, joilta kielellisiä virheitä löytyi paljon, oli oikein käytettyjen tieteellisten termien määrä vastausta kohden pienempi kuin niillä opiskelijoilla, joilla kielellisiä virheitä vastauksista löytyi vähemmän. Vastaavasti niillä opiskelijoilla, joilla oikein käytettyjä tieteellisiä termejä vastauksista löytyi paljon, oli kielellisten virheiden määrä vastausta kohden pienempi, kuin niillä opiskelijoilla, joilla oikein käytettyjä tieteellisiä termejä oli vastauksissa käytetty vähän.

## 7. Johtopäätökset ja pohdintaa

Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää, kuinka lukiolaisen suomen kielen taito näkyy fysiikan tehtävien ratkaisussa. Suomen kielen taidon tutkiminen rajoitettiin ainoastaan kielellisten virheiden sekä tieteellisten termien esiintymisen tarkasteluun. Tutkimuksen teoreettisen viitekehyksen muodostivat Andersonin ja Krathwohlin taksonomiataulu sekä kognitiivinen kuormitusteoria. Tässä luvussa keskustellaan tuloksista ja vastataan niiden avulla luvussa 5.1 esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Lisäksi luvussa 7.2 tulosten merkitystä pohditaan vielä tarkemmin ja esitellään joitakin jatkotutkimusideoita. Luvussa 7.3 käydään läpi kielitietoisuuden opetuksen merkitystä, ja luvussa 7.4 tarkastellaan vielä tutkimuksen luotettavuutta.

### 7.1 Tutkimuskysymyksiin vastaaminen

Tämän tutkimuksen päätavoitetta lähestyttiin kolmen tutkimuskysymyksen avulla:

1. Minkälaisia opiskelijoiden ratkaisemat oppikirjatehtävät sekä opettajan antamat tuntitehtävät ovat kognitiiviselta vaatimustasoltaan?
2. Minkälaisiin laadullisiin kategorioihin opiskelijoiden vastaukset voidaan luokitella, ja minkälaista kielellisten virheiden sekä tieteellisten termien esiintyminen on vastauksissa?
3. Miten kielelliset virheet ja tieteellisten termien käyttäminen korreloivat vastauksen laadun kanssa?

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen haettiin vastausta Andersonin ja Krathwohlin taksonomiataulun avulla. Tässä tutkimuksessa aineistona olleet tehtävät sijoittuivat pääosin soluihin 2B ja 3C. Solussa 2B mitataan taksonomiataulun määritelmien mukaan käsitetiedon ymmärtämistä (Krathwohl, 2002). Tähän soluun sijoittuneet tehtävät edustivat siis tyypillisimmin käsitteiden määrittelytehtäviä sekä tehtäviä, joissa tuli antaa fysikaalinen selitys jollekin ilmiölle. Solussa 3C mitataan menetelmätiedon soveltamista (Krathwohl, 2002). Tähän soluun sijoittuneet tehtävät tyypillisimmin edustivat siis rutiininomaisia laskutehtäviä sekä yksinkertaisia kuvaajan piirtämistä tai tulkitsemista vaativia tehtäviä. Taksonomiataulussa luokat 1-3 edustavat alempia kognitiivisen prosessin tasoja (Zoller ja Pushkin, 2007). Koska analysoidut tehtävät kahta tehtävää lukuun ottamatta sijoittuivat luokkiin 2 ja 3, voidaan todeta, että opiskelijoiden ratkaisemat tehtävät eivät olleet kognitiivisesti kovin vaativia.

Toiseen tutkimuskysymykseen vastausta haettiin luokittelemalla opiskelijoiden vastaukset neljään eri luokkaan niiden laadun perusteella, sekä tutkimalla vastauksissa esiintyneiden kielellisten virheiden

ja tieteellisten termien yleisyyttä. Analysoituja vastauksia oli yhteensä 1394, joista lähes puolet luokiteltiin luokkaan Rikas vastaus. Kuitenkin yli kolmasosa vastauksista luokiteltiin luokkiin Heikko vastaus tai Kopioitu vastaus. Kielellisiä virheitä sekä oikein käytettyjä tieteellisiä termejä esiintyi selkeästi eniten 2B-tehtävien vastauksissa. Tätä todennäköisesti kuitenkin selittää tehtävien luonne. 2B-tehtävät tyypillisimmin olivat käsitteen määrittelytehtäviä tai tehtäviä, joissa tuli antaa fysikaalinen selitys jollekin ilmiölle. 2B-tehtävät sisälsivät siis paljon sanallista selittämistä. Kielellisten virheiden ja tieteellisten termien esiintyminen on siten luonnollisesti paljon yleisempää tällaisissa tehtävissä, kuin rutiininomaisissa laskutehtävissä tai kuvaajan piirto- ja tulkitsemistehtävissä, joita 3C-tehtävät tyypillisimmin edustivat.

Myös kopioidut vastaukset olivat selkeästi yleisempiä 2B- kuin 3C-tehtävien kohdalla. Tätä voi myös osittain selittää tehtävien luonne. 3C-tehtävien kohdalla ei voitu aina varmaksi todeta, olivatko esimerkiksi yhtälöiden esittäminen, niistä tuntemattoman suureen ratkaiseminen, lukuarvojen sijoittaminen ja lopullisen vastauksen antaminen malliratkaisuista kopioituja. Jos tällainen vastaus täytti rikkaan vastauksen määritelmän, luokiteltiin se rikkaaksi vastaukseksi.

Kopioituja vastauksia oli 2B-vastauksista kuitenkin 19% ja 3C-vastauksista vain 5,4%. Näin suurta eroa tuskin selittää kokonaan se, että osa 3C-tehtäviin annetuista rikkaista vastauksista saattaa todellisuudessa olla kopioituja vastauksia. Sen sijaan opiskelijan epävarmuus omista kielellisistä taidoistaan voi selittää sanallisten tehtävien vastausten kopioimista malliratkaisuista. Epävarmuus opiskelijan kielellisistä taidoista näkyi myös niissä 2B-vastauksissa, joita ei malliratkaisuista ollut kopioitu. Näissä vastauksissa oli usein pyritty jäljittelemään oppikirjatekstin syntaksia, sillä vastaus oli haluttu saada kuulostamaan mahdollisimman tieteelliseltä. Harjaantunut tieteen kielen puhuja pystyy tunnistamaan yritykset matkia syntaksia, ja tällaisten vastausten lopputulos olikin usein melko kömpelö. Kuitenkin opiskelija, joka vasta opettelee tieteen kielellä kommunikoimista, ei välttämättä pysty tunnistamaan vastauksensa kömpelyyttä. Tieteen kielen tyylinormit voivat näkyä melko selkeästi jo oppikirjatekstissä ja opettajan puheessa. Tämä saattaa mahdollisesti rohkaista opiskelijaa matkimaan tieteen kielen erityisiä piirteitä varsinkin kirjoitetussa kielessä, sillä sen voidaan nähdä olevan ikään kuin ainut hyväksytty tapa ilmaista ajatuksiaan tieteen oppitunnilla.

Vastausten kopioimista esiintyi siis erityisesti tehtävissä, joissa tuli omin sanoin selittää jokin fysikaalinen käsite tai antaa fysikaalinen selitys jollekin ilmiölle. Vastausten perusteella opiskelijoiden näytti olevan erityisesti hankalaa hahmottaa, kuinka tieteellisten käsitteiden merkitykset riippuvat toisistaan. Tieteen kielen semantiikka onkin yksi tieteen kielen erityispiirteistä, joka tekee siitä hankalan opittavan (Lemke, 1990). Opiskelijoiden vastauksissa tieteellisiä termejä oli kyllä enimmäkseen osattu käyttää oikeassa yhteydessä, mutta lauseiden muodostaminen monien

tieteellisten termien suhteista usein epäonnistui, ja tämä näkyi kielellisten virheiden määrässä. Vaikka siis suuri osa 2B-tehtävissä esiintyneistä kielellisistä virheistä oli puhtaasti kirjoitusvirheitä, on suuri osa kielellisistä virheistä myös kömpelösti muotoiltujen lauseiden seurausta.

3C-tehtäviin oli annettu huomattavasti enemmän rikkaita vastauksia kuin 2B-tehtäviin, vaikka 3C-tehtävät ovat kognitiiviselta vaatimustasoltaan 2B-tehtäviä vaativampia (Krathwohl, 2002). Heikkoja vastauksia oli annettu 2B- ja 3C-tehtäviin keskimäärin lähes yhtä paljon. Puutteellisia vastauksia oli 2B-tehtäviin annettu kuitenkin enemmän kuin 3C-tehtäviin. Tulosten perusteella näyttäisikin siis siltä, että opiskelijoiden vastaukset 2B-tehtävissä eivät ole laadultaan yhtä tasokkaita kuin 3C-tehtäviin annetut vastaukset.

Kolmanteen tutkimuskysymykseen vastausta haettiin luokittelemalla oppilaat heihin, joilla kielellisten virheiden ja oikein käytettyjen tieteellisten termien esiintyminen vastauksissa oli suurta sekä heihin, joilla kielellisten virheiden ja oikein käytettyjen tieteellisten termien esiintyminen vastauksissa oli vähäistä. Jako tehtiin kielellisten virheiden ja oikein käytettyjen tieteellisten termien keskimääräisen esiintymisen avulla. Tulosten mukaan niillä opiskelijoilla, joilla kielellisiä virheitä esiintyi vastauksissa vähän ja oikein käytettyjä tieteellisiä termejä esiintyi vastauksissa paljon, oli keskimäärin enemmän rikkaita vastauksia kuin niillä opiskelijoilla, joilla kielellisiä virheitä vastauksissa esiintyi paljon ja oikein käytettyjä tieteellisiä termejä vähän. Tulosten perusteella näyttäisi siis siltä, että mitä heikompi opiskelijan suomen kielen taito on, sitä heikompi on myös vastauksen laatu.

## **7.2 Pohdintaa**

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella vaikuttaisi siltä, että lukiolaisen suomen kielen taito voi näkyä tämän fysiikan tehtävien vastausten laadussa. Laadultaan rikkaaksi luokitelluista vastauksista kielellisiä virheitä löytyi vähemmän ja oikein käytettyjä tieteellisiä termejä enemmän kuin laadultaan heikoksi luokitelluista vastauksista. Tulosta voi pitää jokseenkin huolestuttavana esimerkiksi lukion oppimäärän päättäviä ylioppilaskokeita ajatellen. Ylioppilaskokeissa arvioinnin kohteena ovat ainoastaan opiskelijan kirjalliset vastaukset ylioppilaskokeen tehtäviin. Opiskelijat, esimerkiksi vieraskieliset opiskelijat, ovat siis vaarassa saada laadultaan heikompia vastauksia heidän mahdollisen kielellisen takamatkansa vuoksi.

Tässä kohtaa huomion arvoista on todeta, että vaikka tämän tutkimuksen tulosten mukaan opiskelijan suomen kielen taito näyttäisi vaikuttavan fysiikan tehtävään annetun vastauksen laatuun, se ei tarkoita kielitaidon ja osaamisen tason korreloimista keskenään. Tulos nimenomaan antaa viitteitä siitä, että

osaaminen ei välity täysin aitona kirjallisen vastauksen kautta sellaisen opiskelijan kohdalla, jonka suomen kielen taidossa on puutteita. Osaaminen voi siis olla korkeammalla tasolla, kuin mitä tehtävään annettu vastaus antaa ymmärtää. Lisäksi tämän tutkimuksen aineiston tehtävät sijoittuivat taksonomiataulussa vain lähinnä kahteen eri soluun (Taulukko 5). Tässä tutkimuksessa esiin noussut osaaminen on siis melko rajoittunutta. Tämän tutkimuksen aineiston tehtävät mittasivat lähinnä vain käsitetiedon sekä menetelmätiedon ymmärtämistä ja soveltamista. Näiden tietojen analysoimista, arvioimista tai luomista mittaavia tehtäviä (esimerkiksi kokeellisen menetelmän suunnittelua tai kokeellisen menetelmän luotettavuuden arviointia) ei aineistosta löytynyt. Tämä selittyy ainakin osittain sillä, että FY2-kurssi on ensimmäinen fysiikan valinnainen kurssi, jossa tutustuminen erilaisiin tapoihin tehdä fysiikkaa tai tiedettä ylipäätensä voi vielä olla melko pinnallisella tasolla.

Jos opiskelijan osaaminen fysiikassa ei kielitaitoon liittyvien seikkojen vuoksi välity täysin aitona tehtäviin annettujen kirjallisten vastausten kautta, herättää se huolen koulutuksellisen tasa-arvon toteutumisesta esimerkiksi fysiikan ylioppilaskirjoituksissa. Ylioppilaskirjoituksissa kypsyttävä osoittava vastaus on jäsenneily, asiasisällöltään johdonmukainen kokonaisuus, jossa on osattu tarkastella esimerkiksi syyseuraussuhteita eri näkökulmista sekä perustella esitettyjä väitteitä. Lisäksi pohdiskelua edellyttävissä tehtävissä tosiasiat on osattu erottaa mielipiteistä ja kannanotoista. (Ylioppilastutkintolautakunta, 2021b). Ylioppilaskirjoituksissa arvioidaan siis oppiaineen sisältöjen hallinnan lisäksi myös kielellistä kypsyttävää. Kielellisen kypsytyksen sekä oppiaineen sisältöjen hallitsemisen osoittamisen tulisi kuitenkin tapahtua opiskelijan vastauksessa. Esteen näille voi tarjota tehtävän tehtävänanto. Ylioppilaskokeessa tehtävänanto voi olla pitkä, alakohtiin jakamaton, monimutkaisista virkkeistä koostuva sekä tarpeettomia ja harhauttavia lähtötietoja sisältävä. Tehtävän haastavuuden tulisikin löytyä itse tehtävän ratkaisemisesta, eikä sen tehtävänannon ymmärtämisestä, sillä tällöin päästään aidommin käsiksi opiskelijan osaamisen taitoihin. Tehtävänannon ymmärtäminen voi olla esteenä esimerkiksi vieraskieliselle opiskelijalle näyttää osaamistaan, jolloin tämän asema kokeen suorittamisen suhteen on epätasa-arvoinen suomea äidinkielenään puhuvaan opiskelijaan verrattuna. Vieraskielisen opiskelijan on kyllä mahdollista hakea lisäaikaa ylioppilaskokeen suorittamiseen, mikäli siihen katsotaan vieraskielisyyden perusteella olevan perusteita (Ylioppilastutkintolautakunta, 2021a). Tämä ei kuitenkaan missään nimessä korjaa laajempaa ongelmaan lukiokoulutuksen puutteista vastata vieraskielisen opiskelijan kielitaitoon liittyviin erityispiirteisiin.

Tässä tutkimuksessa analysoidut tehtävät eivät kognitiiviselta vaatimustasoltaan olleet kovin haastavia. Tehtävät liittyivät lähinnä oppikirjojen sisältöjen muistamiseen sekä rutiininomaisten laskujen toistamiseen. Tehtävien tehtävänannot olivat lisäksi usein ilmaistu melko yksinkertaisesti.

Esimerkiksi tehtävänannoissa käytetyt virkkeet eivät olleet kovin pitkiä, tehtävänannoista ei löytynyt harhauttavia lähtötietoja, ja usein tehtävät oli jaettu alakohtiin, jos tehtävän suorittaminen muodostui useammasta osiosta. Fysiikan ylioppilaskirjoituksissa tehtävien voidaan kuitenkin olettaa olevan kognitiivisesti jo haastavampia. Lisäksi tiedon määrä, joka siellä tulisi hallita on paljon laajempi, ja tehtävä saattaakin koostua useamman eri fysiikan osa-alueen samanaikaisesta osaamisen mittaamisesta. Tehtävä, joka itsessään on haastava asettaa opiskelijalle tämän tiedoista ja taidoista riippuvan sisäisen kuorman. Siis mitä haastavampi tehtävä, sitä suuremman kognitiivisen taakan se opiskelijalle asettaa. Kognitiivisen kuormitusteorian mukaan tehtävän sisäisen kuorman ollessa korkea on erityisesti tällöin tärkeää pienentää ulkoisen kuorman suuruutta. (Paas et al., 2003) Ulkoisen kuorman, eli esitystavasta aiheutuvan kuorman suuruudella voidaan siis vaikuttaa opiskelijan kokonaiskuorman suuruuteen. Kun opiskelija pystyy kiinnittämään huomionsa tehtävän ratkaisun kannalta olennaisiin seikkoihin, ei työmuistin kapasiteettia ole ylitetty ja tehtävän suorittaminen helpottuu. Pitkät, ylimääräisiä lähtötietoja sisältävät tehtävänannot kuitenkin kuormittavat työmuistia, jolloin opiskelijan huomio esimerkiksi tehtävänantoa lukiessa ei välttämättä fokusoidu tehtävän suorittamisen kannalta olennaisiin seikkoihin.

Vaikka tässä tutkimuksessa ei varsinaisesti tarkasteltu sitä, kuinka tehtävänannon ymmärtäminen vaikutti opiskelijan vastauksen laatuun, näytti tähän kuitenkin vaikuttavan enemmän tehtävän sisäinen vaikeus, kuin vaikeudet ymmärtää tehtävänantoa. Toisaalta tässä tutkimuksessa aineistona olleiden tehtävien tehtävänannot olivat muotoilultaan melko yksinkertaisia. Tästä nouseekin joitakin jatkotutkimusideoita aiheeseen liittyen. Olisi mielenkiintoista tutkia, miten fysiikan tehtävien tehtävänantojen muotoilu näkyy opiskelijan vastauksen laadussa. Toisin sanoen olisi siis mielenkiintoista tarkastella sitä, minkälainen on fysiikan tehtävien asettama ulkoinen kuorma, ja kuinka tämä näkyy opiskelijan antamassa vastauksessa. Jos jonkinlainen yhteys löytyy, voisi tarkastella sitä, kuinka esimerkiksi ylioppilaskokeiden suunnittelussa tämä voitaisiin huomioida. Samassa yhteydessä olisi myös mahdollista tutkia, minkälainen vaikutus tällä on opiskelijoiden asenteisiin fysiikkaa kohtaan. Jatkotutkimusta voisi lisäksi toteuttaa ylioppilaskokeisiin liittyen esimerkiksi Greta Tikkasen (2010) tapaan kokeen tehtävistä. Tikkanen toteaa väitöskirjassaan kemian ylioppilaskokeen tehtävien olevan kognitiiviselta vaatimustasoltaan melko vaativia. Tätä olisi mielenkiintoista tarkastella myös fysiikan ylioppilaskokeiden tehtävien kohdalla. Lisäksi Suomessa tarvittaisiin yleisesti enemmän tutkimustietoa maahanmuuttajataustaisten lasten ja nuorten kielitaitoon liittyen erityisesti eri oppiaineiden oppituntien sekä esimerkiksi eri oppiaineiden käsitteiden opettamisen näkökulmasta. Aihe on ajankohtainen ja esimerkiksi juuri PISA-tulosten näkökulmasta tarkasteltuna erittäin perusteltu.

### 7.3 Kielitietoinen opetus osaksi kulttuurillisesti monimuotoista koululaitosta

Suomessa maahanmuutto on melko tuore ilmiö. Suomalainen yhteiskunta ja siten suomalainen koululaitos oli 1990-luvulle asti etnisesti melko homogeeninen yhteisö (Helsingin kaupunki, 2019:3). Kenties juuri tästä syystä vasta viime vuosina on alettu heräämään erityisesti maahanmuuttajataustaisia lapsia ja nuoria koskevien koulutukselliseen tasa-arvoon liittyvien kysymysten suhteen, joita esimerkiksi PISA-tulokset ovat herättäneet. Edellisessä luvussa keskusteltiin siitä, kuinka koulutuksellinen tasa-arvo ei täysin toteudu ylioppilaskirjoituksia ajatellen, ja aihetta olisi syytä tutkia tarkemmin. Kuitenkin ylioppilaskokeet ovat hyvin pieni, vaikkakin tärkeä vaihe maahanmuuttajataustaisen nuoren koulutuspolkua ajatellen, eivätkä kaikki nuoret tietenkään lukiokoulutusta tule edes valitsemaan. Koulutukselliseen tasa-arvoon liittyvät kysymykset eivät siis missään nimessä rajoitu ainoastaan lukion oppimäärän päättäviin ylioppilaskokeisiin, vaan nämä kysymykset tulisi ottaa huomioon lasten ja nuorten koko koulutuspolkua ajatellen. Tässä luvussa keskustellaankin siitä, minkälaisia mahdollisuuksia kielitietoinen opetus voisi tarjota.

Äidinkielenään jotain muuta kuin suomea puhuvat opiskelijat eivät voi oppitunneilla turvautua omaan kotikieleensä. Heidän tulee siis omaksua suomi tai ruotsi omaksi koulunkäynnin kielekseen. Samalla näiden opiskelijoiden tulee opiskella samoja opetussuunnitelman sisältöjä, kuin äidinkielenään suomea puhuvat opiskelijat. Sisältöjen oppiminen vieraalla kielellä on väistämättä haasteellisempaa. Yhtenä ratkaisuna tälle voisi nähdä vieraskielisen opiskelijan niin sanotun koulunkäynnin kielen tukemisen. Kehittämällä vieraskielisen oppilaan koulunkäynnin kieltä tuetaan samalla tasavertaisten koulutusmahdollisuuksien tarjoamista. (Saario, 2012) Maahanmuuttajataustaisen lapsen tai nuoren koulunkäynnin kielen tukeminen onkin erittäin tärkeää, sillä se tarjoaa lähtökohdat oppimiselle sekä integroitumiselle suomalaiseen yhteiskuntaan (Harju-Luukkainen et al., 2014). Vieraan kielen käyttäminen kommunikoinnin välineenä on usein helpommin opittavissa, kuin taito käyttää kieltä ajattelun välineenä esimerkiksi haastavien koulutehtävien kohdalla (Baker, 2006). Kielitietoiselle opetukselle ja sen tutkimiselle on siis tarvetta etenkin nyt koulujen nopean monikulttuuristumisen ja -kielistymisen myötä.

Niin peruskoulussa kuin lukiossakin jokaisen opettajan tulisi tiedostaa olevansa oman opetettavan oppiaineensa kielenopettaja (Opetushallitus, 2014; Opetushallitus, 2019). Tämä näyttäisikin olevan opettajien keskuudessa jo yleisesti hyväksytty ajatus. Kuitenkin se, mitä tämä käytännössä tarkoittaa opetuksen tasolla on epäselvempää. (Aalto & Tarnanen, 2015) Kielitietoiseen opetukseen tulisikin kiinnittää ajoissa huomiota jo opettajankoulutuksessa. Kun tutkittiin kielitietoista aineenopetusta opettajankoulutuksen näkökulmasta, huomattiin, että suurin osa aineenopettajaopiskeliijoista piti



tärkeänä oppiaineen tekstien ymmärtämistä sekä käsitteiden opettamista, mutta kielen ja sisällön integroiminen toisiinsa opetuksessa koettiin vieraaksi (Aalto & Tarnanen, 2015). Kuitenkin juuri kielen ja sisältöjen yhtäaikainen opiskelu voi maahanmuuttajataustaiselle lapselle ja nuorelle olla todella suuri haaste (Saario, 2012).

Muukkosen (2018) tutkimuksessa maantieteen oppituntien sisällöistä ja niiden käsittelyistä selvisi, että maahanmuuttajataustaisten oppilaiden kielitaidolla on merkittävä vaikutus heidän opiskeluunsa sekä maantieteen opettajien opetustyöhön. Erityisesti koetilanteet ja arviointi koettiin haastaviksi, sillä kielivaikeuksien vuoksi oppilaan osaaminen ei välttämättä välity täysin aitona, jos osaamista pääsee näyttämään vain kirjallisin keinoin. Myös tässä tutkimuksessa tulokset antoivat viitteitä kirjallisen osaamisen heikkoudesta. Lisäksi heikomman sanavaraston hallitseminen vaikutti maantieteen opiskeluun. Oppiaineen erikoistuneen sanaston hallitseminen on olennainen osa myös muiden oppiaineiden, esimerkiksi juuri fysiikan oppimista. Kielitietoinen aineenopetus voisi tarjota jonkinlaisia ratkaisuja näiden esiin nousseiden seikkojen tueksi, mutta se voi vaatia opettajilta melko perusteellista perehtymistä asiaan.

Kielitietoisien opetuksen avulla voidaan kenties myös paremmin tunnistaa esimerkiksi maahanmuuttajataustaisen opiskelijan oppimisvaikeudet. Maahanmuuttajataustaisiin lapsiin ja nuoriin saatetaan liian helposti liittää osaamattomuus suomen kielen suhteen, jolloin muut todelliset vaikeudet esimerkiksi lukivaikeus voi jäädä huomaamatta (esim. Yleisradio Oy, 2019a). Ja vaikka kielitietoisesta opetuksesta puhutaankin tässä tutkimuksessa nimenomaan maahanmuuttajataustaisen lapsen tai nuoren koulutuspolun näkökulmasta, ei kielitietoinen opetus vie mitään pois esimerkiksi suomea äidinkielenään puhuvan opiskelijan oppimisen mahdollisuuksista. Kielitietoisella opetuksella voi myös heidän kohdallaan olla mahdollisuus tukea oppimisprosessia.

Keskustelua koulutuksellisesta tasa-arvosta olisi tärkeää pitää yllä ja lisätutkimusta esimerkiksi kielitietoisesta opetuksesta tarvitaan. Ensimmäisen askeleen voisi sanoa jo olevan otettu. Kielitietoisien opetuksen tarpeet kielellisesti ja kulttuurisesti moninaistuvan koululaitoksen sisällä tiedostetaan. Seuraava askel olisi toteuttaa kielitietoinen opetus käytännössä. Matkan kielitietoiseksi opettajaksi tulisi alkaa jo opettajankoulutuksessa, mutta se ei tietenkään saisi jäädä vain sille tasolle. Kielitietoisien opetuksen tueksi mahdollisesti kehitettävien tukimateriaalien tulisi erityisesti sijoittua käytännöntason opetukseen, jolloin opettaja saisi vinkkejä siihen, kuinka hän käytännössä pääsisi toteuttamaan kielitietoisempaa opetusta. Jotta tukimateriaaleja voitaisiin kehittää, olisi Suomessa tärkeää tarkastella tarkemmin yksittäisten tieteenalojen kieltä, jolloin myös tukimateriaalit olisivat tarkemmin tietyille oppiaineille kohdennettuja.

## 7.4 Luotettavuustarkastelu

Tässä luvussa tarkastellaan lyhyesti tutkimuksen luotettavuutta sekä niitä seikkoja, jotka mahdollisesti ovat vaikuttaneet tutkimustuloksiin.

Tämän tutkimuksen tulosten mukaan suomen kielen taito voi näkyä opiskelijan vastauksessa fysiikan tehtäviin. Kuitenkin suomen kielen taitoa tarkasteltiin tässä tutkimuksessa ainoastaan kielellisten virheiden sekä oikein käytettyjen tieteellisten termien avulla analyysin rajoittamisen vuoksi. Jotta opiskelijan kirjallisesta suomen kielen taidosta saataisiin todellisuutta paremmin kuvaava tulos, tulisi tarkastelun olla hieman laajempi. Tarkastelua voisi laajentaa esimerkiksi tutkimalla paremmin opiskelijan käyttämän kielen rikkautta sekä tarkentamalla, minkälaisia kielellisiä virheitä opiskelijoilla nousee esiin. Suomen kielen taito voisi tulla myös paremmin esille, jos opiskelijoiden ratkaisemat tehtävät olisivat monipuolisempia. Nyt esiin noussut osaaminen oli melko rajoittunutta. Esimerkiksi esseetehtävät, luetun ymmärtämistä mittaavat tehtävät tai kokeellisen menetelmän suunnittelua vaativat tehtävät ovat käsitteen määrittelyä ja rutiininomaisten laskujen ratkaisemista kognitiivisesti vaativampia (Krathwohl, 2002), ja niissä esiin nouseva osaaminen on jo erilaista. Tämä voisi mahdollisesti näkyä siinä, minkälaista kieltä opiskelija tehtävässä käyttää.

Aineiston analysoinnissa huomattiin, että neutraalina pysyminen oli yllättävän vaikeaa. Koska analysoituja vastauksia oli niin suuri määrä, ei niiden analysoiminen luonnollisesti onnistunut yhden päivän aikana. Jotta voitiin minimoida esimerkiksi mielialan vaikutus luokitteluun, käytiin koko aineisto (tehtävien tehtävänannot sekä opiskelijoiden vastaukset) kolmesti läpi, ja mahdollisesti tarkennettiin jokaisella kerralla luokittelujen määritelmiä, jos aineiston analysointi näytti sitä vaativan. Kuitenkin vertaisluokittelun toteuttaminen esimerkiksi yhden tai kahden maisterivaiheen opiskelijan avustuksella, olisi mahdollistanut luokittelun luotettavuuden sekä toistettavuuden tarkemman arvioimisen. Kuvaamalla tutkimuksen teoreettinen tausta sekä tutkimusmetodologia mahdollisimman tarkasti pyrittiin varmistamaan tutkimuksen validiteetti.

Tutkimuksen tuloksiin saattoi hyvin mahdollisesti vaikuttaa ajankohta, jolloin tutkimuksen aineisto kerättiin. Aineisto kerättiin keväällä 2020 samoihin aikoihin, kun opiskelijat siirtyivät koronavirustilanteeseen liittyvien poikkeusjärjestelyjen vuoksi etäopetukseen. Etäopetus on voitu kokea haastavana, sillä oppituntien seuraaminen vaatii erilaista keskittymistä ja tarkkaavaisuutta, eikä tehtävien tekemiseen kotona saa kenties samanlaista motivaatiota, kuin lähiopetuksessa. Siten esimerkiksi fysiikan tehtäviin annetut vastaukset eivät välttämättä ole laadultaan olleet samalla tasolla, kuin mitä ne olisivat voineet olla lähiopetuksessa annettuna.

Aineisto kerättiin ensimmäisen vuoden fysiikan opiskelijoilta, joille FY2-kurssi oletettavasti oli ensimmäinen valinnainen fysiikan kurssi. Myös tämä näkyy vastauksen laadussa: tässä vaiheessa lukiolainen vasta harjoittelee tieteellisen vastauksen laatimista, eikä vastaus siten laadultaan välttämättä ole samalla tasolla kuin esimerkiksi toisen vuoden valinnaisen fysiikan opiskelijoilla, saati ylioppilaskirjoituksia tekevän opiskelijan tasolla. Toisaalta nyt aineisto on hyvin aidosta ja luonnollisesta tilanteesta kerätty: viimeisillä kursseilla opiskelijoista on mahdollisesti jo karsiutunut osa pois, eikä suurempia eroja olisi näiltä kursseilta kerätyistä aineistosta välttämättä tullut esille. Tärkeää olisikin nimenomaan saada mahdollisimman aito kuva tilanteesta, jossa eroja vielä saadaan esille ja siten pohtia, kuinka näitä eroja voidaan minimoida.

Tutkimuksen toteuttamisen kannalta oli olennaista, että opiskelijoilla oli kirjantekijöiden malliratkaisut saatavilla. Näin saatiin aito kuva siitä, kuinka suuri määrä opiskelijoista ”sortuu” malliratkaisujen kopioimiseen, ja pohtia syitä tähän. Vastausten luokittelun tulos olisi voinut olla hyvin erilainen, jos opiskelijoilla ei olisi ollut pääsyä malliratkaisuihin. Tämä kuitenkin voi vaikuttaa tutkimuksen yleistettävyyteen: malliratkaisujen jakaminen opiskelijoiden käyttöön on jokaisen opettajan henkilökohtainen päätös, jonka tämä pedagogisilla syillä mahdollisesti perustelee.

Tulosten yleistettävyyteen vaikuttaa lisäksi aineiston koko. Aineiston kokoa voi pitää maisterintutkielmaan sopivana, mutta laajempien johtopäätösten tekemiseen se on liian pieni. Lisäksi aineisto kerättiin vain yhdestä lukiosta, joten tulosten siten voida sanoa antavan kattavaa kuvaa koko Suomen tilanteesta. Toisaalta tämä ei ollut tutkimuksen tarkoituksaan.

Mahdollisen vertailuaineiston kerääminen toisesta lukiosta olisi mahdollistanut erilaisten ja laajempien johtopäätösten tekemisen. Kuitenkaan tässä tutkimuksessa sitä ei koettu tarpeelliseksi. Tässä tutkimuksessa tuloksia analysoitiin kriteeripohjaisesti, ja näillä kriteereillä saatiin tietynlainen tulos. Tulosten arvottamiseen ei ole tarvetta tässä tutkimuksessa. Tämän tutkimuksen tuloksia on kuitenkin mahdollista käyttää vertailuun, jos jatkossa päätetään toteuttaa samankaltainen tutkimus.

## Lähteet

- Aalto, E., & Tarnanen, M. (2015). *Kielitietoinen aineenopetus opettajankoulutuksessa*. Kieli koulutuksen resurssina: vieraalla ja toisella kielellä oppimisen ja opettamisen näkökulmia. AFinLA-e: soveltavan kielitieteen tutkimuksia 8: 72-90. Noudettu osoitteesta <https://journal.fi/afinla/article/view/53773>. Luettu 24.2.2021.
- Agafonova, J. (2012). *Maahanmuuttajalapsi suomalaisessa koulussa. Ongelmat ja sopeutumiseen liittyvät vaikeudet*. Pro gradu -tutkielma. Tampere: Tampereen yliopisto.
- Anderson, L.W., Krathwohl, D.R., Airasian, P.W., Cruikshank, K.A., Mayer, R.E., Pintrich, P.R., Raths, J., Wittrock, M.C. (toim.) (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York: Longman.
- Baker, C. (2006). *Foundations of bilingual education and bilingualism*. Clevedon: Multilingual Matters.
- Bloom, B. (1956). *Taxonomy of educational objectives -Handbook 1. Cognitive domain*. London: Longmans.
- Fang, Z. (2006). The Language Demands of Science Reading in Middle School. *International Journal of Science Education*, 28(5): 491-520.
- Fang, Z. & Wei, Y. (2010). Improving middle school students' science literacy through reading infusion. *The Journal of Educational Research*, 103(4): 262-273.
- Harju-Luukkainen, H., Nissinen, K., Sulkunen, S., Suni, M. & Vettenranta, J. (2014). *Avaimet osaamiseen ja tulevaisuuteen. Selvitys maahanmuuttajataustaisten nuorten osaamisesta ja siihen liittyvistä taustatekijöistä PISA 2012 -tutkimuksessa*. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.
- Helsingin kaupunki. (2019). *Helsingin seudun vieraskielisen väestön ennuste 2018-2035*, Helsingin kaupunkikanslian tilastojulkaisuja 2019:3.
- Holopainen, J. (2015). *Onnistunut koulutussiirtymä tasa-arvon mahdollistajana. Koulutuksen asiantuntijoiden käsityksiä maahanmuuttajataustaisten nuorten toisen asteen koulutussiirtymistä*. Pro gradu -tutkielma. Helsinki: Helsingin yliopisto.
- Jahnukainen, M., Laaksonen, L. & Niemi, A-M. (2018). Maahanmuuttajataustaiset nuoret pärjäävät myös lukio-opinnoissa. *Talous ja yhteiskunta*, 2: 24-29.

- Kalalahti, M., Varjo, J., Zacheus, T., Kivirauma, J., Mäkelä, M-L., Saarinen, M. & Jahnukainen, M. (2017). Maahanmuuttajataustaisten nuorten toisen asteen koulutusvalinnat. *Yhteiskuntapolitiikka*, 82(1): 33-44.
- Kilpi, E. (2010). Toinen sukupolvi peruskoulun päättyessä ja toisen asteen koulutuksessa. Teoksessa T. Martikainen & L. Haikkola (toim.), *Maahanmuutto ja sukupolvet* (s.110-148). Helsinki: SKS.
- Kilpi-Jakonen, E. (2011). Continuation to upper secondary education in Finland: Children of immigrants and the majority compared. *Acta Sociologica*, 54(1): 77-106.
- Krathwohl, D.R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory into Practice*, 41(4): 212-218.
- Kärnä, P., Hakonen, R. & Kuusela, J. (2012). *Luonnontieteellinen osaaminen perusopetuksen 9. luokalla 2011*. Koulutuksen seurantaraportit 2012:2. Helsinki: Opetushallitus.
- Lavonen, J., Meisalo, V. et al. (2006). *Matemaattis-luonnontieteellisten aineiden työtapaopas*. Helsingin yliopiston soveltavan kasvatustieteen laitos. Käyttätymistieteellinen tiedekunta. Matemaattisten aineiden opetuksen tutkimus- ja kehittämiskeskus. Noudettu osoitteesta: [Työtapaopas \(helsinki.fi\)](http://tyotapaopas.helsinki.fi). Luettu 20.2.2021.
- Leino, K., Ahonen, A., Hienonen, N., Hiltunen, J., Lintuvuori, M., Lähteinen, S., Lämsä, J., Nissinen, K., Nissinen, V., Puhakka, E., Pulkkinen, J., Rautopuro, J., Sirén, M., Vainikainen, M-P. & Vettenranta, J. (2019). *Pisa 18 ensituloksia. Suomi parhaiden joukossa*. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2019:40. Noudettu osoitteesta <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161922/Pisa18-ensituloksia.pdf>. Luettu 31.1.2021.
- Lemke, J. (1990). *Talking Science: Language, Learning and Values*. Language and Educational Processes. Norwood, NJ: Ablex Publishing Corporation.
- Lukiolaki 10.8.2018/714. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180714>. Luettu 31.1.2021.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2): 81-97.
- Muukkonen, P. (2018). Maantieteen opettajien opetuskäytännöt kielellisesti moninaisessa luokassa. Eriarvoistuva maailma – tasa-arvoistava koulu? *Kasvatusalan tutkimuksia – Research in Educational Sciences*, 78: 297-328. Suomen kasvatustieteen seura.

- Nurminen, E. & Aksela, M. 2005. Kemian opettajien käsityksiä ajattelutaidoista kemian oppimisen tukena. Teoksessa Lavonen J. (toim.). *Ainedidaktiikan symposiumkirja osa 1* (s.144-152). Käyttätymistieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto.
- Opetushallitus. *Nivelvaiheen koulutukset*. Noudettu osoitteesta <https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/nivelvaiheen-koulutukset#6d7c581a>. Luettu 29.1.2021.
- Opetushallitus. (2017). *Lukiokoulutukseen valmistava koulutus*. Opetushallituksen julkaisuja 4:2017. Helsinki: Opetushallitus.
- Opetushallitus. (2019). *Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019*. Määräykset ja ohjeet: 2019:2a. Helsinki: Opetushallitus.
- Opetushallitus. (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. Määräykset ja ohjeet: 2014:96. Helsinki: Opetushallitus.
- Opetus- ja kulttuuriministeriö. (2012). *Koulutus ja tutkimus vuosina 2011-2016. Kehittämissuunnitelma*. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2012:1. Helsinki: Opetus- ja kulttuuriministeriö.
- Opetus- ja kulttuuriministeriö. (2018). *Selvitys suomalaisen ylioppilastutkinnon järjestämisestä englannin kielellä*. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2018:15. Helsinki: Opetus- ja kulttuuriministeriö.
- Paas, F., Renkl, A., Sweller, J. (2003). Cognitive Load Theory and Instructional Design: Recent Developments. *Educational Psychologist*, 38(1): 1-4.
- Perusopetuslaki 21.8.1998/628. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1998/19980628>. Luettu 29.1.2021.
- Reif, F. (2010). *Applying Cognitive Science to Education. Thinking and Learning in Scientific and Other Complex Domains*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Saario, J. (2012). *Yhteiskuntaopin opiskelun kieliympäristö ja käsitteet: toisella kielellä opiskelevan haasteet ja tuen tarpeet*. Jyväskylä studies in humanities 172. Väitöskirja. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.
- Suomen perustuslaki 11.6.1999/731. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990731>. Luettu 29.1.2021.

- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12: 257-85.
- Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 22(2): 123-138.
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3): 251-296.
- Sweller, J., Ayers, P., Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer Science + Business Media. New York.
- Tikkanen, G. (2010) *Kemian ylioppilaskokeen tehtävät summatiivisen arvioinnin välineenä*. Väitöskirja. Helsinki: Helsingin yliopisto.
- Tilastokeskus. (2021a). *Frekvenssi*. Noudettu osoitteesta <https://tilastokeskus.fi/meta/kas/frekvenssis.html>. Luettu 13.2.2021.
- Tilastokeskus. (2021b). *Keskiarvo*. Noudettu osoitteesta <https://tilastokeskus.fi/meta/kas/keskiarvo.html>. Luettu 13.2.2021.
- Tilastokeskus. (2021c). *Suhteellinen frekvenssi*. Noudettu osoitteesta [https://tilastokeskus.fi/meta/kas/suht\\_frekvenssi.html](https://tilastokeskus.fi/meta/kas/suht_frekvenssi.html). Luettu 13.2.2021.
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (2016). Valtion kotouttamisohjelma vuosille 2016-2019 ja valtioneuvoston periaatepäätös Valtion kotouttamisohjelmasta. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 45/2016. Helsinki.
- Vaarala, H. (2018). Yhteistyön mahdollisuudet: lukiokoulutukseen valmistava koulutus kielellistyvässä maailmassa. *Lähivertailuja*, 28: 357-391.
- Wellington, J. & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*, Philadelphia, PA: Open University Press.
- Yager, R. E. (1983). The importance of terminology in teaching K-12 science. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(6): 577-588.
- Yleisradio Oy. (2020). “En olisi odottanut tätä sinulta”, sanoi opettaja – Suomessa maahanmuuttajataustaiset oppivat huonommin kuin muut, tutkijan mukaan syrjintä rehottaa. Noudettu osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-11431717>. Luettu 1.2.2021.

- Yleisradio Oy. (2019a). *Maahanmuuttajataustaiset nuoret kamppailevat kieliopintojen kanssa – "Mun pitää itse uskoa, että mä pystyn samaan kuin muut suomalaiset nuoret"*. Noudettu osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-10747483>. Luettu 24.2.2021.
- Yleisradio Oy. (2019b). *Noor Assad on espoolainen kymppin tyttö, joka haluaa lääkäriksi – koulussa hän todisteli äidinkielentaitoaan ja kieltäytyi lähihoitajaopinnoista*. Noudettu osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-11014478>. Luettu 4.2.2021.
- Ylioppilastutkintolautakunta. (2021a). *Koesuoritusta heikentävän syyn huomioon ottaminen ylioppilastutkinnossa*. Noudettu osoitteesta [https://www.ylioppilastutkinto.fi/images/sivuston\\_tiedostot/Ohjeet/Sairaus/fi/koesuoritusta\\_heikentava\\_syy.pdf](https://www.ylioppilastutkinto.fi/images/sivuston_tiedostot/Ohjeet/Sairaus/fi/koesuoritusta_heikentava_syy.pdf). Luettu 28.2.2021.
- Ylioppilastutkintolautakunta. (2021b). *Reaaliaineiden kokeiden määräykset ja ohjeet*. Noudettu osoitteesta [https://www.ylioppilastutkinto.fi/images/sivuston\\_tiedostot/Ohjeet/Koekohtaiset/fi\\_reaaliaineiden\\_kokeiden\\_maaraykset.pdf?v=060220](https://www.ylioppilastutkinto.fi/images/sivuston_tiedostot/Ohjeet/Koekohtaiset/fi_reaaliaineiden_kokeiden_maaraykset.pdf?v=060220). Luettu 3.3.2021.
- Yore, L. D., Hand, B., Goldman, S. R., Hilderbrand, G. M., Osborne, J. F., Treagust, D. F., & Wallace, C. S. (2004). New Directions in Language and Science Education Research. *Reading Research Quarterly*, 39(3): 347-352.
- Yun, E. & Park, Y. (2018). Extraction of Scientific Semantic Networks from Science Textbooks and Comparison with Science Teachers' Spoken Language by Text Network Analysis. *International Journal of Science Education*, 40(17): 2118-2136.
- Zoller, U. & Pushkin, D. (2007). Matching Higher-Order Cognitive Skills (HOCS) promotion goals with problem-based laboratory practice in a freshman organic chemistry course. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2): 153-171.



# Liitteet

**Liite 1.** Luettelo aineistona olleista oppikirjan tehtävistä. Kurssilla oppikirjana käytettiin Fysiikka 2 Lämpö (Sanoma Pro) -oppikirjaa.

*Taulukko 10. Luettelo aineistona olleista oppikirjan tehtävistä.*

Oppikirjan luvun numero	Tehtävät
1	1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 1-6, 1-7, 1-8, 1-9
2	2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5
3	3-1, 3-4, 3-5, 3-6, 3-7
4	4-3, 4-4, 4-5, 4-6, 4-9
5	5-1, 5-2, 5-5, 5-7, 5-8
6	6-1, 6-3, 6-5, 6-7, 6-8
7	7-1, 7-2, 7-3
8	8-1, 8-3, 8-4
9	9-1, 9-2, 9-4
10	10-1, 10-3, 10-5, 10-6
11	11-1, 11-3, 11-4
12	12-2, 12-3
13	13-1, 13-2, 13-3, 13-4
Kertaustehtävät	1, 2, 3

**Liite 2.** Luettelo opettajan oppilaille antamista tuntitehtävistä. Tehtävän yhteydessä ilmoitettu oppikirjan luku, johon kyseinen tuntitehtävä liittyy.

Luku 1:

- Lämpötilamuutokset
  - a) Katso mikä on ulkolämpötila juuri nyt. Ilmoita lämpötila celsiusasteina ja muunna se kelvineiksi.
  - b) Muuta lämpötila 300 K celsiusasteiksi.
- Sanalliset tehtävät
  - a) Miten olomuodot selitetään lämpöopin.
  - b) Esittele kaikki kolme termodynaamista systeemiä ja anna esimerkki jokaisesta.
  - c) Mitkä neljä suuretta määrittää systeemin tilan?
  - d) Mitä tarkoitetaan makro- ja mikrotasoilla?

Luku 3:

- Mehiläisen massa on 1,2 grammaa ja sen nopeus on 2,1 m/s. Laske mehiläisen liike-energia.
- Mehiläisen massa on 1,2 grammaa ja se lentää 80 cm korkeudella. Laske mehiläisen potentiaalienergia.
- Mehiläisen massa on 1,2 grammaa ja sen nopeus on 2,1 m/s. Mehiläinen lentää 80 cm korkeudella. Laske mehiläisen mekaaninen energia.

Luku 4:

- Työ
  - a) Laatikkoa työnnetään 60 N vakiovoimalla 2,0 metrin matkan. Kuinka paljon työtä tehdään?
  - b) Laatikkoa nostetaan 2,0 m ja laatikon massa on 1,5 kg. Kuinka paljon työtä tehdään?
- Teho

Nosturi nostaa 800 kg kuorman 16 metrin korkeuteen 10,0 sekunnissa.

  - a) Kuinka paljon kuorman potentiaalienergia muuttuu nostossa?
  - b) Mikä on nosturin teho?
  - c) Mikä on nosturin teho, jos kuorma nostettaisiin samalle korkeudelle 5,0 sekunnissa?

Luku 6:

- Sanalliset tehtävät
  - a) Mitä on sisäenergia?
  - b) Millä tavoin sisäenergia voi muuttua?
  - c) Kerro lämpöopin I pääsääntö omin sanoin.
  - d) Kerro lämpöopin II pääsääntö omin sanoin.

Luku 7:

- Laske Carnot-hyötysuhteen avulla suurin mahdollinen hyötysuhde lämpövoimakoneelle, jonka lämpösäiliöt ovat 20 celsiusastetta ja 200 celsiusastetta.
- Kuinka paljon koivuhalkoja on poltettava, jotta saadaan 50 MJ energiaa?

Luku 8:

- Selitystehtävä
  - a) Selitä omin sanoin käsite lämpölaajeneminen.
  - b) Mitä ilmaisee suure pituuden lämpötilakerroin?
- Rautaputken pituus on 200,00 mm huoneenlämpötilassa (22 celsiusastetta). Kuinka paljon putki laajenee, kun sitä lämmitetään kiehuvaan veteen?

Luku 9:

- Kuvassa lisätään 200 grammaa 23 celsiusasteen lämpöistä vettä 200 grammaan 55 celsiusasteen lämpöistä kuparia. Sekoituksen lämpötilaksi mitataan 25 celsiusastetta. Laske sitoutuneen ja vapautuneen energian määrä.
- Kuvan asetelmassa keskenään sekoitetaan 200 grammaa 23 celsiusasteista vettä ja 100 grammaa 46 celsiusasteista vettä. Seoksen lämpötilaksi mitataan 31 celsiusastetta. Laske sitoutuneen ja vapautuneen energian määrä.
- Miten suureet ominaislämpökapasiteetti ja lämpökapasiteetti eroavat toisistaan? Anna esimerkki.

Luku 10:

- Selitä ideaali- ja reaalikaasujen erot.

Luku 12:

- Faasikaavio on malli, jonka avulla voidaan ennustaa, mitä aineen olomuodolle tapahtuu lämpötilan tai paineen tai molempien niiden muuttuessa.
  - a) Selitä omin sanoin kolmoispiste.
  - b) Selitä omin sanoin kriittinen piste.
  - c) Mitä eroa on höyryllä ja kaasulla?